

Aus dem Röntgendiagnostischen Zentralinstitut
der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. J. Wellauer)

Der Beitrag der Computer-Tomographie zur Diagnostik des Akustikusneurinomes

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von

ANTONIOS VALAVANIS
aus Athen (Griechenland)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. J. Wellauer

Zürich 1980



Juris Druck + Verlag Zürich
1981

Aus dem Röntgendiagnostischen Zentralinstitut
der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. J. Wellauer)

Der Beitrag der Computer-Tomographie zur Diagnostik des Akustikusneurinomes

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von

ANTONIOS VALAVANIS
aus Athen (Griechenland)

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. J. Wellauer

Zürich 1980



Juris Druck + Verlag Zürich
1981



ISBN 3 260 04897 9

Meinen Eltern gewidmet

DANKSAGUNG

Zu besonderem Dank bin ich meinem Chef, Herrn Prof. Dr. J. Wellauer verpflichtet. Er hat es mir ermöglicht, mich mit der Computertomographie und der neuroradiologischen Diagnostik ausgiebig zu befassen und hat mir das Thema dieser Arbeit freundlicherweise überlassen. Mein Dank gilt auch den Herren Professoren M.G. Yasargil, Direktor der neurochirurgischen Klinik des Universitätsspitals Zürich und U. Fisch, Direktor der oto-rhinolaryngologischen Klinik des Universitätsspitals Zürich. Durch die freundliche Ueberlassung des Krankengutes, die Möglichkeit, Einsicht in die Operationsberichte zu nehmen und nicht zuletzt durch ihre wertvollen Ratschläge, konnte erst die vorliegende Arbeit zustandekommen.

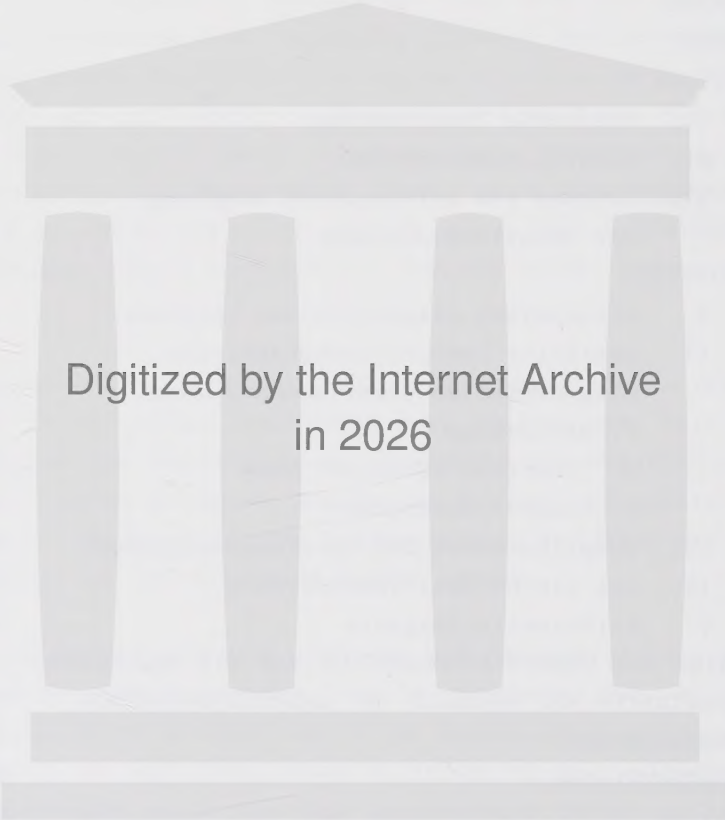
Meinem Oberarzt, Herrn Dr. med. O. Schubiger möchte ich an dieser Stelle meinen besonderen Dank aussprechen. Sein Interesse an der radiologischen Diagnostik des Akustikusneuromes, seine tiefen Kenntnisse darüber und unsere intensive und konstruktive Zusammenarbeit bildeten die Grundlage für das Entstehen dieser Arbeit.

Bedanken möchte ich mich speziell bei den medizinisch-technischen Röntgenassistenten, Frau J. Kuijpers, Frau H. Oberhuber und Herrn B. Kunz. Durch ihr technisches Können und ihre Geduld bei der praktischen Durchführung der zeitraubenden Untersuchungen waren sie eine unschätzbare Hilfe.

Nicht zuletzt gilt mein Dank auch Frl. G. Rautenberg für das Schreiben des Manuskriptes.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

EINLEITUNG	1
Erläuterung wichtiger computertomographischer Begriffe	9
MATERIAL	11
METHODE	12
RESULTATE	14
I. Indirekte Tumorzeichen	16
II. Direkte Tumorzeichen	33
III. Zeichen des extraaxialen Ursprungs der Akustikusneurinome	50
DISKUSSION	
I. Allgemeines diagnostisches Vorgehen	53
II. Spezielle computertomographische Diagnostik des Akustikusneurinomes	63
1. Nativ-Scan	63
2. "Contrast-enhanced" Scan	66
3. Innerer Gehörgang	85
III. Komplikationen des Akustikusneurinomes	100
IV. Das kleine Akustikusneurinom	102
V. Differentialdiagnose	123
EINFLUSS DER COMPUTERTOMOGRAPHIE AUF DIE ABKLAERUNG VON PATIENTEN MIT VERDACHT AUF AKUSTIKUSNEURINOM	139
ZUSAMMENFASSUNG	145
SCHLUSSFOLGERUNG	150
LITERATUR	151



Digitized by the Internet Archive
in 2026

E I N L E I T U N G

Beim Akustikusneurinom handelt es sich um einen benignen, von einer Kapsel umgebenen Tumor, welcher durch neoplastische Proliferation der Schwann'schen Zellen der Pars vestibularis des VIII. Hirnnerven im inneren Gehörgang entsteht (DYKSTRA, 1964, SKINNER, 1928, MURRAY und STOUT, 1949). Nachdem durch elektronenmikroskopische Untersuchungen und Zellkultivierungsversuche gezeigt werden konnte, dass die Ursprungszelle dieses Tumors die Schwann'sche Zelle ist, wäre die korrekte Bezeichnung dieses Tumors Schwannom oder Neurilemmom (DYKSTRA, 1964). Dennoch hat sich der Begriff Akustikusneurinom eingebürgert und wird auch in der vorliegenden Arbeit verwendet.

Das Akustikusneurinom macht 9 bis 10 % aller intracranieller Tumoren aus und muss somit als ein relativ häufiger intracranieller Tumor aufgefasst werden (OLIVERCRONA, 1967, ZUELCH, 1975). Es ist zugleich der weitaus häufigste Kleinhirnbrückenwinkeltumor. 70 bis 80 % der Tumoren des Kleinhirnbrückenwinkels sind Akustikusneurinome (REVILLA, 1948, YASARGIL, 1978). Es kommt am häufigsten im mittleren Lebensalter vor und wird häufiger bei Frauen als bei Männern angegriffen (ZUELCH, 1975). Seine klinische Symptomatologie wird durch seinen Entstehungsort im inneren Gehörgang, seine weitere Ausdehnung im Kleinhirnbrückenwinkel und durch seine enge topographische Beziehung zu den Nerven und Gefäßen dieser Gegend bestimmt.

Das erste Symptom des Akustikusneurinomes ist ein einseitiger, progredienter sensorineuraler Hörverlust, welcher mit oder ohne Tinnitus vorkommen kann (FISCH und WEGMUELLER, 1974).

Auch der Schwindel gehört zu den Frühsymptomen des Akustikusneurinomes (POOL und PAVA, 1970). Mit Weiterwachstum des Tumors und seiner Ausdehnung im Kleinhirnbrückenwinkel kommen weitere Symptome, zuerst vom Nervus trigeminus, dann vom Nervus facialis, Nervus vagus und Nervus glossopharyngeus hinzu.

Grössere Tumoren, welche eine Kompression des Kleinhirnes und der Pons bewirken, führen zu zusätzlichen cerebellären Symptomen im Sinne von Nystagmus und Ataxie.

Nur selten entsteht das Akustikusneurinom primär ausserhalb des inneren Gehörganges im Kleinhirnbrückenwinkel. In diesem Falle fehlen die charakteristischen frühen Symptome. Es kommt dann zu einer voll ausgeprägten Kleinhirnbrückenwinkel-symptomatologie (Brunner, 1935a, Brunner, 1935b).

Beim Vorliegen des klinischen Verdachtes auf ein Akustikusneurinom gilt es, ihn zuerst durch otoneurologische Untersuchungen zu bestätigen, bzw. auszuschliessen. Besonders wertvoll sind dabei die Audiometrie, die kalorische Prüfung und die Bestimmung des Liquorproteins. Am zuverlässigsten ist dabei die kalorische Prüfung, welche in 94 % der Fälle eine signifikant reduzierte kalorische Erregbarkeit der betroffenen Seite aufzeigt (FISCH und WEGMUELLER, 1974).

Die definitive Diagnose des Akustikusneurinomes beruht jedoch auf dem Nachweis von charakteristischen radiologischen Befunden (VALVASSORI, 1966). Diese werden durch den gezielten Einsatz von verschiedenen neuroradiologischen Untersuchungsmethoden erhoben. Die diagnostische Bedeutung und die Indikation für die verschiedenen Untersuchungsmethoden, welche zur Erfassung des Akustikusneurinomes dem Radiologen zur

Verfügung stehen, haben sich im Verlauf der Zeit gewandelt. Es gibt kaum eine neuroradiologische Untersuchungsmethode, welche auch nicht bei der Suche nach dem Akustikusneurinom eingesetzt wurde. Einige haben sich als sehr wertvoll erwiesen und haben einen festen Platz in der Abklärung von Patienten mit Verdacht auf ein Akustikusneurinom eingenommen. Andere wiederum haben die von ihnen geforderten Erwartungen nicht erfüllt oder wurden von zuverlässigeren, diagnostisch wertvolleren Methoden abgelöst.

Die in den letzten 2 Jahrzehnten erzielten Fortschritte in der chirurgischen Exstirpation dieser Tumoren haben besondere Anforderungen an die radiologische Diagnostik gestellt.

Der von HOUSE entwickelte, transtemporale und translabyrinthäre Zugangsweg, die Weiterentwicklung dieser Methoden von FISCH im Sinne der nach ihm benannten Mikrochirurgie des Felsenbeines sowie die von YASARGIL geleisteten Beiträge in der mikrochirurgischen Exstirpation des Akustikusneurinomes haben zu einer signifikant reduzierten Morbidität und zu einer fast völlig eliminierten Mortalität für diese Tumoren geführt. (HOUSE, 1964, HITZELBERGER und HOUSE, 1966, YASARGIL und FISCH, 1969, FISCH, 1970, YASARGIL und FOX, 1974, FISCH, 1977, YASARGIL, 1978).

Die ausgezeichneten Ergebnisse der oto- und neurochirurgischen Behandlung des Akustikusneurinomes verlangen von der neuroradiologischen Diagnostik Untersuchungsmethoden, welche geeignet sind, einerseits kleine, also auch intrameatale Tumoren nachzuweisen und andererseits die Ausdehnung, Grösse, topographischen Beziehungen und die Morphologie grösserer Tumoren zu bestimmen.

Seit dem ersten radiologischen Nachweis eines Akustikusneurinomes durch F. HENSCHEN im Jahre 1912 (HENSCHEN, 1912) wurde die radiologische Diagnostik für diesen Tumor wesentlich erweitert und verfeinert. Die von HENSCHEN damals gestellte Frage, ob Akustikusneurinome radiologisch frühzeitig diagnostiziert werden können, lässt sich heute eindeutig positiv beantworten.

In den verstrichenen 67 Jahren wurden Untersuchungsmethoden entwickelt, welche es erlauben, Akustikusneurinome jeder Grösse zuverlässig nachzuweisen (VALVASSORI, 1966, SCHMITZ und HAVESON, 1960).

Als solche gelten:

1. Die Felsenbeinspezialprojektion nach Stenvers, die es erlaubt, einen pathologisch erweiterten inneren Gehörgang festzustellen.
2. Die Felsenbeintomographie in a.p.-, seitlicher und in Stenversprojektion mit deren Hilfe sowohl eine Erweiterung des inneren Gehörganges als auch ossäre Arrosionen und Atrophien nachgewiesen werden können.
3. Die Zisternographie mit Pantopaque, welche sowohl im Kleinhirnbrückenwinkel sich ausdehnende als auch rein intrameatal lokalisierte Akustikusneurinome aufzudecken vermag.
4. Die zerebrale Angiographie, welche die Ausdehnung, die Blutversorgung und die vaskulären topographischen Beziehungen des Akustikusneurinomes zu bestimmen erlaubt.

5. Die Luftencephalographie, welche zwar heute für den Nachweis des Akustikusneurinomes nicht mehr zur Anwendung gelangt, eine zeitlang jedoch als bewährte Untersuchungsmethode für die Diagnose dieses Tumors und die Bestimmung seiner Grösse galt und
6. die Computer-Tomographie, welche die neueste Entwicklung in die neuroradiologische Diagnostik darstellt.

Durch die klassischen röntgenologischen Untersuchungsmethoden, speziell der Felsenbeinuntersuchung nach Stenvers, der Felsenbeintomographie und der Meatozisternographie mit Pantopaque ist es gelungen, Akustikusneurinome in ihrer frühen Phase, also solange sie ausschliesslich intermeatal lokalisiert sind, zuverlässig zu erfassen (VALVASSORI, 1969, FISCH, 1975).

Trotz dieser Tatsache und obwohl eindeutig gezeigt werden konnte, dass mit zunehmender Grösse des Tumors die Prognose des postoperativen Ergebnisses schlechter wird (OLIVECRONA, 1967), ist es noch nicht gelungen das Akustikusneurinom mehrheitlich in seiner frühen Phase zu erfassen. Diesbezüglich stellt YASARGIL fest: "Nach wie vor kommen die meisten Patienten mit Kleinhirnbrückenwinkeltumoren erst in die Spät- und Endphase in die Klinik, d.h. in einem Stadium, wo der Tumor besonders gross ist" (YASARGIL, 1978).

Die von G.N. HOUNSFIELD im Jahre 1972 entwickelte Computertomographie hat einen grossen Einfluss auf die neuroradiologische Diagnostik ausgeübt (HOUNSFIELD, 1973, AMBROSE, 1973). Durch die Computertomographie ist es zum ersten Ma-

le in der radiologischen Diagnostik des Nervensystems gelungen, auf nicht invasiver Weise, den Inhalt des intracraniellen Raumes und seine pathologischen Läsionen darzustellen.

Das Prinzip der Computertomographie beruht auf dem Nachweis auch kleinster Unterschiede in der Absorption von Röntgenstrahlen zwischen verschiedenen Geweben. Diese Information, welche von Detektoren registriert wird, wird mit Hilfe eines elektronischen Rechners sowohl quantitativ als auch in Form eines Bildes dargestellt (HOUNSFIELD, 1973).

Auf die physikalischen Grundlagen der Computertomographie und die Arbeitsweise der Computertomographiegeräte kann im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden. Es sei lediglich auf die diesbezüglichen ausgezeichneten Beschreibungen in der Literatur verwiesen (HOUNSFIELD, 1973, TERPOGOSSIAN, 1977, BROOKS und DI CHIRO, 1975).

Durch die Computertomographie hat sich der Abklärungsgang von Patienten mit Verdacht auf intracranielle Affektionen wesentlich geändert. Für viele intracranielle Affektionen gilt die Computertomographie als die zuverlässigste und definitive diagnostische Untersuchungsmethode. Für andere wiederum ist sie entscheidend was die Indikationsstellung für weitere, invasive Untersuchungsmethoden betrifft. Somit hat die Computertomographie die Stellung von zentraler Bedeutung innerhalb der Neuroradiologie eingenommen (Baker, 1976). In den verstrichenen 7 Jahren ihrer Anwendung hat sich ihre Bedeutung in der Diagnostik der verschiedenen Prozesse erwiesen. Sie hat sich speziell in der Diagnostik der Hirntumoren besonders bewährt (WENDE, et al., 1977).

Bereits seit ihren Anfängen wurde die Computertomographie für die Diagnose des Akustikusneurinomes angewandt. Es wurde jedoch bald erkannt, dass dieser Methode für den Nachweis des Akustikusneurinomes gewisse Grenzen gesetzt sind. Diese sind durch die relativ kleine Grösse dieser Tumoren, ihre Lokalisation in der Nähe des Felsenbeines und die in der hinteren Schädelgrube häufig vorkommenden Artefakte bedingt (NAIDICH, 1977, SCOTT et al., 1977, LANGE et al., 1976). Diese, die computertomographische Diagnostik des Akustikusneurinomes limitierenden Faktoren konnten jedoch bald, durch Entwicklung neuerer Geräte, Modifikation der Untersuchungstechnik und zunehmende Erfahrung der Neuroradiologen grösstenteils überwunden werden. In der Zwischenzeit ist es der Computertomographie gelungen, einen festen Platz in der radiologischen Diagnostik des Akustikusneurinomes einzunehmen.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Beitrag der Computertomographie in der Diagnostik des Akustikusneurinomes festzustellen.

Zu diesem Zwecke wird ein Material von 73 Fällen von Akustikusneurinomen analysiert. Es wird speziell versucht,

1. morphologische Kriterien für das Akustikusneurinom aufzustellen
2. eine Beziehung zwischen der Grösse des Tumors und seinem computertomographischen Erscheinungsbild nachzuweisen
3. differentialdiagnostische Kriterien für die Unterscheidung des Akustikusneurinomes von anderen Klein-

hirnbrückenwinkeltumoren aufzustellen

4. die Möglichkeiten der Computertomographie auch kleine Akustikusneurinome zu erfassen und die besondere diagnostische Problematik dieser Gruppe von Tumoren aufzuzeigen
5. zu bestimmen, welche wichtige präoperative Informationen die Computertomographie beim Vorliegen eines Akustikusneurinomes dem Chirurgen liefern kann
6. den Stellenwert der Computertomographie in der diagnostischen Abklärung von Patienten mit Verdacht auf ein Akustikusneurinom zu bestimmen.

Erläuterung wichtiger computertomographischer Begriffe:

hypodens:

Eine Zone im Hirnparenchym ist hypodens, wenn sie eine verminderte Dichte in Bezug auf das normale Hirnparenchym aufweist.

hyperdens:

Eine Zone im Hirnparenchym ist hyperdens, wenn sie eine erhöhte Dichte in Bezug auf das normale Hirnparenchym aufweist.

isodens:

Eine Zone im Hirnparenchym ist isodens, wenn sie die gleiche Dichte wie das normale Hirnparenchym aufweist.

Contrast enhancement:

Kontrastverstärkung einer pathologischen Läsion. Sie kommt durch den erhöhten Jodgehalt der Läsion nach intravenöser Applikation eines jodhaltigen Kontrastmittels zustande.

HU:

Abkürzung für Hounsfield Unit. Zu Ehren des Erfinders der Computertomographie G.N. Hounsfield eingeführte Einheit, für die auf dem Computertomogramm gemessenen Dichtewerte. Sie steht in direkter Beziehung zum linearen Absorptionskoeffizienten und bewegt sich in einer Skala von -1000 (Wert für Luft) bis +1000 (Wert für Knochen).

Fensterbreite und Fensterhöhe:

Zur Bildinterpretation verwendete Einstellungen. Die Fensterbreite ist durch zwei Dichtewerte (in HU) definiert. Alle Bildpunkte des Computertomogrammes, welche einen höheren Dichtewert als der untere Wert haben, werden auf den oberen Wert gesetzt.

tewert als den oberen Dichtewert der Fensterbreite aufweisen, werden als weiss abgebildet und all diejenigen Bildpunkte, welchen einen niedrigeren Dichtewert als den unteren Dichtewert der Fensterbreite aufweisen, werden als schwarz abgebildet.

Die Fensterhöhe gibt den Dichtewert an, um welchen sich die Fensterbreite zu gleichen Teilen nach oben und nach unten verteilt.

Durch die beschriebenen Fenstereinstellungen wird es ermöglicht, dass ein bestimmtes Spektrum von Dichtewerten dargestellt wird, wobei alle anderen, die Interpretation störenden Dichtewerte ausgeschaltet werden.

Gantry:

Die kippbare, mechanische Einrichtung, welche Röntgenröhre und Detektoren beinhaltet.

Matrix:

Die Anzahl Bildelemente, aus welchen sich das computertomographische Bild zusammensetzt.

M A T E R I A L

Die vorliegende Studie umfasst 69 Patienten mit insgesamt 73 Akustikusneurinomen. 38 der Patienten waren Männer und 31 Frauen. 4 der Patienten, alle männlichen Geschlechtes, hatten einen Morbus Recklinghausen und wiesen bilaterale Akustikusneurinome auf. Das Alter der Patienten schwankte zwischen 14 und 78 Jahren, wobei das mittlere Alter auf 48,2 Jahre berechnet wurde. Das mittlere Alter der männlichen Patienten betrug 44,2 Jahre, wogegen dasjenige der weiblichen Patienten 52,3 Jahre betrug. 59 der Tumoren wurden operativ und histologisch bestätigt. Bei weiteren 12 Patienten wurde der computer-tomographisch erhobene Befund eines Akustikusneurinomes ebenfalls als gesichert betrachtet, da eine klassische klinische Symptomatik, typische otoneurologische Untersuchungsergebnisse und charakteristische konventionell-radiologische sowie meato-zisternographische Befunde vorlagen. Die restlichen 2 Patienten wurden beim Vorhandensein von beidseitigen Akustikusneurinomen vorläufig nur einseitig operiert. Es wurde als gesichert betrachtet, dass der noch nicht operierte kontralaterale Tumor ebenfalls einem Akustikusneurinom entspricht, insbesondere deswegen, weil sich die Tumoren der beiden Seiten beim selben Patienten auf dem Computertomogramm morphologisch nicht unterscheiden liessen.

M E T H O D I K

Sämtliche Untersuchungen wurden mit einem Computertomographiegerät der Firma Ohio Nuclear vom Typ Delta 25 durchgeführt. Die Matrix des Systems betrug 256 x 256. Die Kippung der Gantry betrug 20 Grad zur Orbitomeatallinie.

Der Nativscan wurde mit einer Schichtdicke von 13 mm, üblicher Geschwindigkeit und nicht überlappenden Schichten durchgeführt. Anschliessend wurde intravenös Kontrastmittel appliziert. Als Kontrastmittel wurde Natrium-Ioxitalamat mit 30%-igem Jodgehalt (Telebrix 30^R) in Form einer Bolusinjektion und in einer Dosierung von 1 ml/Kg Körpergewicht verabreicht. In einigen Fällen wurde die sogenannte Rapid High Dose Contrast Enhancement Technique (DAVIS, et al., 1979) durchgeführt. Dabei wurde nach Beendigung der Bolusinjektion eine Infusion von 100 ml Telebrix angehängt und gleichzeitig der Postcontrast-Scan begonnen.

Der Postcontrast-Scan wurde mit 5 mm dünnen Schichten, überlappender Technik für die hintere Schädelgrube und langsamer Geschwindigkeit durchgeführt. Nach Darstellung des gesamten infratentoriellen Raumes sowie der incisuralen Strukturen wurde für die Darstellung des supratentoriellen Raumes auf 13 mm dicken Schichten, normaler Geschwindigkeit und nicht überlappenden Schichten umgeschaltet.

Zur Vermeidung von bewegungsinduzierten Artefakten wurde eine spezielle Kopfhalterung benutzt, wodurch der Kopf sowohl in lateraler als auch in cranio-caudaler Richtung fixiert wird. Zusätzlich wurde jeder Patient sorgfältig instruiert, während der Untersuchung Kopfbewegungen und den Schluckakt

zu vermeiden. Dadurch ist es gelungen, bei allen Patienten technisch befriedigende Aufnahmen zu erhalten. Bei keinem der Patienten war eine Sedation oder Narkose nötig.

Die Bildauswertung erfolgte direkt an der Bildauswerteeinheit des Gerätes. Für die Beurteilung und Auswertung des Tumorareales sowie der angrenzenden Strukturen wurde eine spezielle, vom Rechner gesteuerte Vergrößerungstechnik verwendet. Die Beurteilung des Parenchyms und des Tumorareales erfolgte mit einer Fensterhöhe von ca. 80 HU und eine Fensterbreite von 100 - 180 HU. Die Beurteilung der knöchernen Strukturen und vor allem die Ausmessung des inneren Gehörganges erfolgte mit einer Fensterhöhe von 500 - 600 HU und einer Fensterbreite von ca. 1'000 HU.

R E S U L T A T E

Die 73 Akustikusneurinome wurden je nach ihrer Grösse in drei Gruppen unterteilt (Tab. 1). Als Masstab für die Grösse der Tumoren wurde derjenige Tumordurchmesser gewählt, der angibt, wie weit (in cm) der Tumor im Kleinhirnbrückenwinkel hineinragt. Dieser Durchmesser gilt als besonders zuverlässig für die präoperative Bestimmung der Tumogrösse und somit für die Auswahl des einzuschlagenden operativen Vorgehens (FISCH, 1978). Er verbindet den Eingang zum inneren Gehörgang und den am meisten nach medial reichenden Punkt der Tumorperipherie. Sein Verlauf hängt direkt von der Form des Tumors ab. Er verläuft in einem Winkel von ca. 90° zur posterioren Wand des Felsenbeines bei oval konfigurierten Tumoren und in einem Winkel von ca. 45° bei rund konfigurierten Tumoren.

Gruppe I besteht aus 23 Akustikusneurinomen mit einem Durchmesser von weniger als 1 cm. Die Tumoren dieser Gruppe können als kleine Akustikusneurinome bezeichnet werden, da sie auf den transtemporalen, bzw. translabyrinthären Weg entfernt werden.

Gruppe II setzt sich aus 24 Akustikusneurinomen zusammen, welche einen Durchmesser von mehr als 1 cm und kleiner als 2 cm aufweisen. Diese Tumoren werden als mittelgrosse Akustikusneurinome bezeichnet werden. Sie werden, je nach Form, Ausdehnung und Grad der raumfordernden Wirkung entweder auf dem translabyrinthären oder auf dem suboccipitalen Weg angegangen.

Gruppe III setzt sich aus 26 Akustikusneurinomen zusammen,

Tabelle 1:

Einteilung der Akustikusneurinome
nach deren Grösse

Gruppe	Grösse	Anzahl Fälle	Bezeichnung
I	1 cm	23	klein
II	1-2 cm	24	mittelgross
III	2 cm	26	gross

welche einen Durchmesser von mehr als 2 cm aufweisen. Die Tumoren dieser Gruppe stellen grosse Akustikusneurinome dar, welche ausschliesslich auf dem suboccipitalen-transpetrosalen Weg entfernt werden.

Die Auswertung der Befunde erfolgte sowohl für alle drei Gruppen gemeinsam als auch für jede der Gruppen getrennt. Der Sinn der doppelten Auswertung bestand darin, festzustellen, ob eine oder mehrere der Gruppen morphologische Besonderheiten aufweist bzw. aufweisen, welche von den anderen abweichen.

Ausgewertet wurden die indirekte Zeichen, die direkte Zeichen sowie die Zeichen, welche es ermöglichen den extra-axialen Ursprung des Tumors zu erkennen.

I. INDIREKTE TUMORZEICHEN

1. Deformation des IV. Ventrikels

Eine Deformation des IV. Ventrikels lag bei 88,4 % der Tumoren vor. Bei 40,9 % der Fälle bestand eine Kompression des IV. Ventrikels, ohne jedoch, dass er auf der Gegenseite verlagert war. Eine Kompression und gleichzeitige kontralaterale Verlagerung des IV. Ventrikels lag bei 47,5 % der Fälle vor.

An diesen Veränderungen waren 74 % der kleinen, 92 % der mittelgrossen und 100 % der grossen Akustikusneurinome beteiligt.

Bei allen Akustikusneurinomen der Gruppe I, bei denen eine Veränderung des VI. Ventrikels vorlag, bestand diese in einer einseitigen Kompression des Ventrikels. Die zum Tumor ipsilaterale Ventrikelwand war nicht mehr konvex nach aussen konfiguriert, sondern verlief entweder geradlinig oder, bei grösserer raumfordernder Wirkung nach innen konkav (Abb. 1). Bei keinem der Tumoren dieser Gruppe bestand eine Verlagerung des IV. Ventrikels.

Von den Tumoren der Gruppe II war der IV. Ventrikel bei 37,5 % komprimiert und bei 54,2 % sowohl komprimiert als auch verlagert. Der IV. Ventrikel war bei dieser Gruppe von Tumoren nahezu schlitzförmig komprimiert und sichelzelloförmig konfiguriert (Abb. 2). Die Richtung der Verlagerung verlief bei allen Tumoren, welche mit dieser Deformation des IV. Ventrikels kombiniert waren, charakteristischerweise nach posterior und kontralateral. Eine exakte quantitative Messung der Verlagerung des IV. Ventrikels wurde nicht durchgeführt.

Alle Tumoren der Gruppe III wiesen eine Kompression und Verlagerung des IV. Ventrikels auf (100 %). Die Form des komprimierten Ventrikels entsprach derjenigen der Gruppe II (Abb. 3). Der Grad der Verlagerung des IV. Ventrikels war jedoch grösser als bei der Gruppe II. Bei 20 % der Fälle war die Kompression so stark, dass der IV. Ventrikel lediglich bei einer einzigen Schicht der 5 mm dünnen Schichtserie als haarfeine hypodense, liquorhaltige Linie zu erkennen war.

2. Deformation der Cisterna pontocerebellaris

Eine Anomalie der Cisterna pontocerebellaris konnte bei 97,5 % der Fälle nachgewiesen werden. Sie bestand entwe-

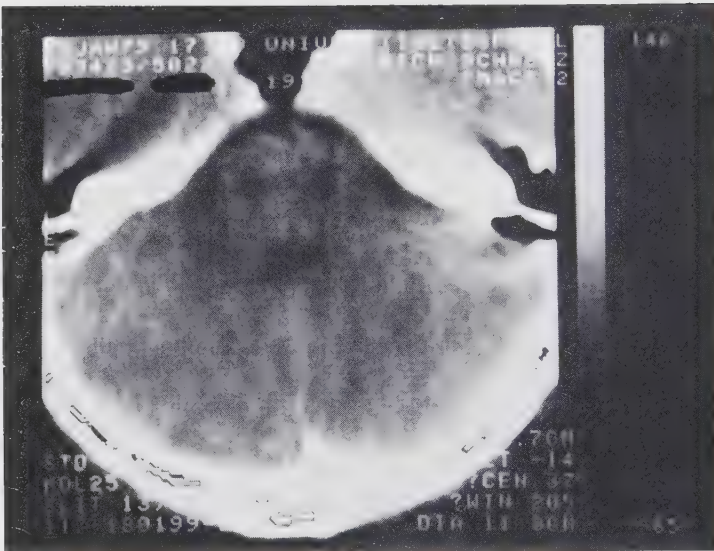


Abb. 1: Indirekte Veränderungen bei kleinem, 8 mm im Durchmesser messendem linksseitigen Akustikusneurinom (Nativ-Scan). Der IV. Ventrikel ist mittelständig, jedoch von links her einseitig komprimiert. Die linke Cisterna pontocerebellaris ist im Vergleich zu rechts leicht erweitert. Der Tumor selbst ist isodens und somit nicht sichtbar.

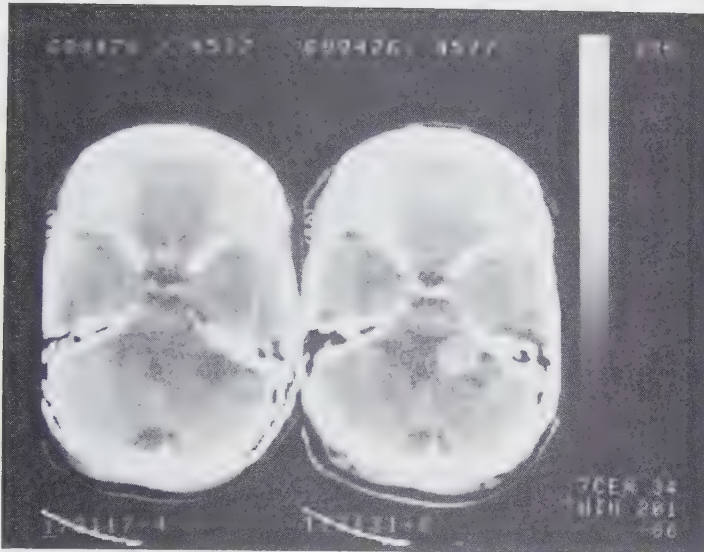


Abb. 2:

Mittelgrosses, 2 cm im Durchmesser messendes, rechtsseitiges Akustikusneurinom. Der IV. Ventrikel wird von rechts her komprimiert und leicht nach kontralateral verlagert. Das Neurinom ist primär hypodens und weist ein homogenes Enhancement auf.

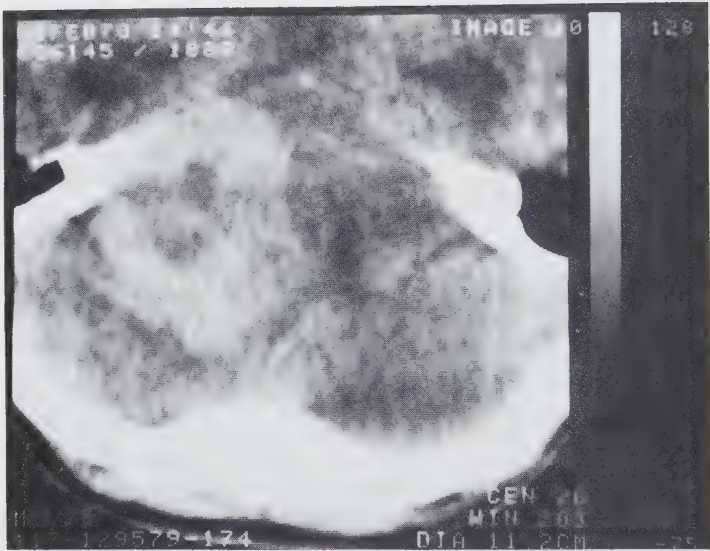


Abb. 3: Grosses, 4 cm im Durchmesser messendes linksseitiges Akustikusneurinom. Der IV. Ventrikel ist nahezu schlitzförmig komprimiert und nach kontralateral verlagert. Das Neurinom weist ein inhomogenes Enhancement auf im Sinne einer zentralen Aufhellung.

der in einer Obliteration dieses subarachnoidalen Raumes (Abb. 4 a und b) durch den Tumor (81,1 %) oder in einer Erweiterung desselben (16,4 %) (Abb. 5 a und b).

Von den Tumoren der Gruppe I wiesen 71,4 % eine Obliteration der Cisterna pontocerebellaris auf. Da die Tumoren dieser Gruppe den subarachnoidalen Raum dieser Zisterne meistens nicht vollständig ausfüllten, blieb zwischen Tumorperipherie und medialer (bzw. cerebellärer) zisternaler Wand ein liquorgefüllter Raum übrig. In diesem Falle ist es gerechtfertigt, von partieller Obliteration der Cisterna pontocerebellaris zu sprechen. In 28,5 % der Tumoren der Gruppe I war die Cisterna pontocerebellaris diskret erweitert (s. Abb. 1). Die diskrete Erweiterung der Cisterna pontocerebellaris konnte nur im Vergleich zur Gegenseite nachgewiesen werden. Dies setzt voraus, dass die Schicht streng symmetrisch durch die entsprechenden Strukturen verläuft.

Bei 70,8 % derjenigen Tumoren der Gruppe II, welche eine Anomalie der Cisterna pontocerebellaris aufwiesen, bestand eine vollständige Obliteration dieser Zisterne. Bei 20,8 % war die Zisterne erweitert.

Sämtliche Akustikusneurinome der Gruppe III wiesen eine vollständige Obliteration der Cisterna pontocerebellaris auf.

3. Deformation der Cisterna ambiens

Der zum Tumor ipsilaterale infratentorielle Anteil der Cisterna ambiens war bei 60,5 % aller Akustikusneurinome dieser Studie erweitert. Speziell, bewirkten 28,5 %

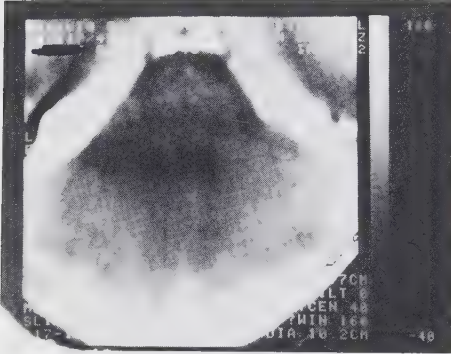


Abb. 4 a:

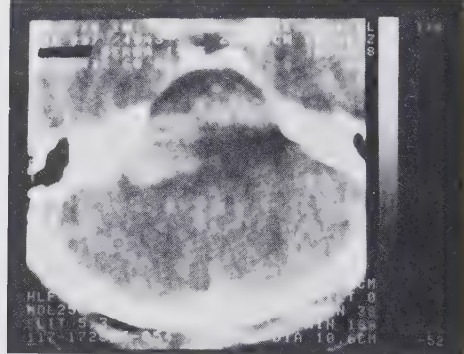


Abb. 4 b:

Abb. 4 a:

Nativ-Scan:

Indirekte Veränderungen bei einem mittelgrossen, linksseitigen Akustikusneurinom. Der IV. Ventrikel ist von links her komprimiert und nach kontralateral verlagert. Die Cisterna pontocerebellaris ist vollständig obliteriert.

Abb. 4 b:

Der Tumor weist ein deutliches und nahezu homogenes Enhancement auf. Er ist rund konfiguriert und scharf begrenzt.

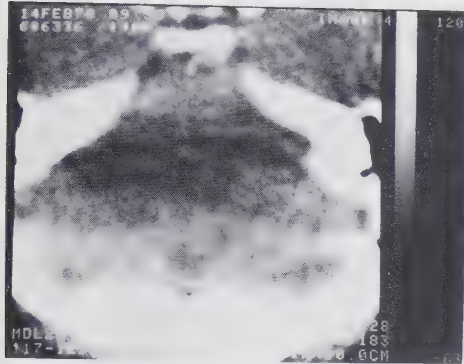


Abb. 5 a:

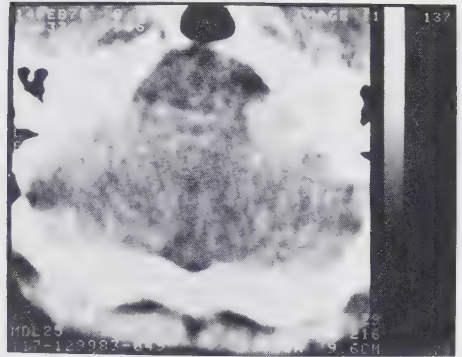


Abb. 5 b:

Abb. 5 a:

Nativ-Scan:

Ipsilateral erweiterte Cisterna pontocerebellaris
rechts bei einem mittelgrossen, 1,2 cm im Durch-
messer messenden rechtsseitigen Akustikusneurinom.

Abb. 5 b:

Postcontrast-Scan:

Der Tumor weist ein homogenes Enhancement auf und
füllt vollständig die Cisterna pontocerebellaris
aus.

der kleinen, 66,6 % der mittelgrossen und 84,5 % der grossen Akustikusneurinome eine Erweiterung der ipsilateralen Cisterna ambiens.

Die Erweiterung der Cisterna ambiens war jedoch bei der Gruppe I lediglich diskret, verglichen mit der Erweiterung dieser Zisterne bei den Tumoren der Gruppen II und III. Bei allen Tumoren der Gruppen II und III, bei denen eine ipsilaterale Erweiterung des infratentoriellen Anteiles der Cisterna ambiens vorlag, bestand gleichzeitig eine Rotation der Pons (Abb. 6).

Hingegen konnte eine Ponsrotation bei keinem der Tumoren der Gruppe I nachgewiesen werden.

4. Poruserweiterung

Zur Bestimmung der ipsilateralen Erweiterung des Porus acusticus internus wurde der anteroposteriore Durchmesser des Porus auf beiden Seiten gemessen und die Differenz dieser Werte berechnet. Eine Differenz zwischen dem axialen Durchmesser des ipsilateralen und denjenigen des kontralateralen Porus von mehr als 2 mm wurde in Anlehnung an VALVASSORI (VALVASSORI, 1969) als pathologisch bewertet (Abb. 7 und 8). Es muss allerdings vermerkt werden, dass die Messungen von VALVASSORI sich auf den vertikalen Durchmesser des Porus, wie er sich auf dem a.p. und seitlichen konventionellen Tomogramm bestimmen lässt, beziehen. Dennoch wurde dieser Grenzwert von 2 mm auch in der vorliegenden Studie benutzt, da erstens dieser Wert ein international anerkanntes und häufig angewandtes Mass darstellt, zweitens sich die raumfordernde Wirkung des Tumors gleichmässig auf die gesamte Zirkumferenz des Porus auswirkt und drittens die Differenz zwi-

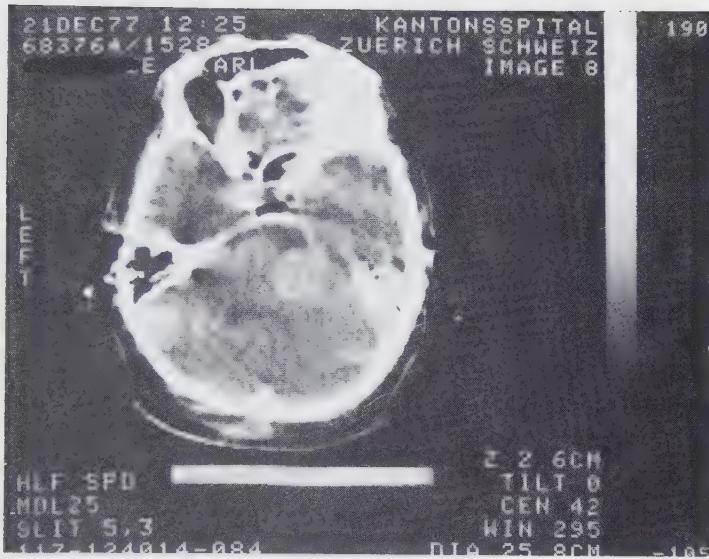


Abb. 6:

Indirekte Veränderungen bei einem mittelgrossen, rechtsseitigen Akustikusneurinom. Der infratentorielle Anteil der ipsilateralen (rechten) Cisterna ambiens ist im Vergleich zu links deutlich erweitert. Gleichzeitig besteht eine Rotation der Pons. Der IV. Ventrikel ist von vorne und rechts lateral her komprimiert sowie mässig nach kontralateral verlagert. Das Neurinom ist scharf begrenzt, rund konfiguriert und weist ein homogenes Enhancement auf.

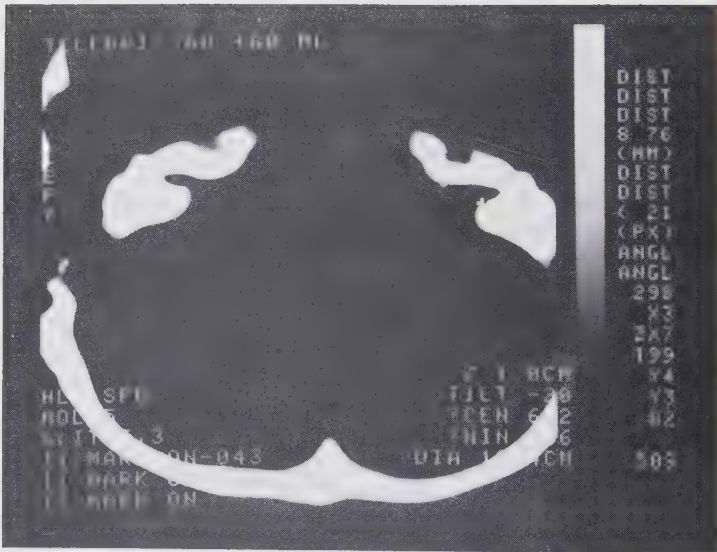


Abb. 7: Pathologisch erweiterter innerer Gehörgang rechts bei einem grossen, 3,8 cm im Durchmesser messendem Akustikusneurinom. Darstellung der ossären Strukturen durch spezielle Fenstereinstellung.

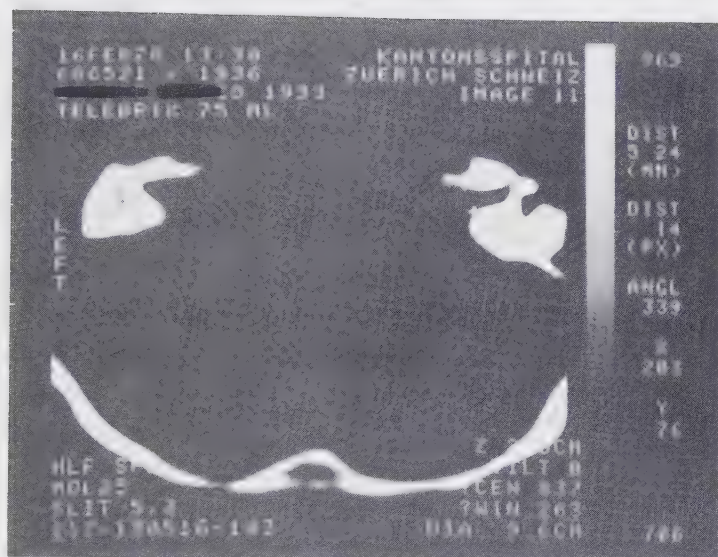


Abb. 8:

Pathologische Erweiterung des linken inneren Gehörganges bei einem kleinen, 8 mm im Durchmesser messendem Akustikusneurinom. Darstellung der ossären Strukturen durch spezielle Fenstereinstellung.

schen vertikalem und anteroposteriorem Durchmesser des eliptisch konfiguriertem Porus nur sehr klein und ziemlich konstant ist (s. Erklärung in Diskussion).

Voraussetzung für die exakte und zuverlässige Bestimmung der "Porusdifferenz" ist wiederum eine exakt-symmetrische Einstellung des Patienten, so dass auf derselben Schicht die gleichen Anteile des inneren Gehörganges beider Seiten erscheinen. Darüber hinaus konnte bei den Fällen mit bilateralem Akustikusneurinom keine "Porusdifferenz" berechnet werden. Somit wurde die "Porusdifferenz" bei insgesamt 64 der 73 Tumoren berechnet, speziell bei 20 Tumoren der 26 grossen Akustikusneurinome, bei 21 Fällen der 24 mittelgrossen Akustikusneurinome und bei den 23 kleinen Akustikusneurinomen.

17 (85 %) der Tumoren der Gruppe III, 19 (90,4 %) der Tumoren der Gruppe II und 19 (82,6 %) der Tumoren der Gruppe I wiesen eine Porusdifferenz von mehr als 2 mm auf. Insgesamt bestand eine pathologische Porusdifferenz bei 55 (85,9 %) der 64 Tumoren.

In der Gruppe I schwankte der zum Tumor ipsilaterale Durchmesser des Porus zwischen 4,1 mm und 12,2 mm mit einem Mittelwert von 8,25 mm. Der Porusdurchmesser der kontralateralen gesunden Seite wies Werte zwischen 2,6 mm und 8,7 mm auf mit einem Mittelwert von 4,85 mm. Die Porusdifferenz betrug zwischen 0,3 mm und 7,1 mm, der Mittelwert 3,34 mm.

In der Gruppe II schwankte der Porusdurchmesser der ipsilateralen Seite zwischen 5,5 mm und 12,1 mm mit einem

Mittelwert von 8,55 mm. Die Werte des Durchmessers des Porus der kontralateralen Seite lagen zwischen 2,3 mm und 7,8 mm, mit einem Mittelwert von 4,95 mm. Die Porusdifferenz variierte zwischen 1,6 mm und 6,6 mm mit einem Mittelwert von 3,65 mm.

In der Gruppe III schwankte der Durchmesser des ipsilateralen Porus zwischen 4,6 mm und 14,7 mm mit einem Mittelwert von 8,64 mm. Der Durchmesser des kontralateralen Porus schwankte zwischen 2,5 und 8,2 mm mit einem Mittelwert von 4,97 mm und die Porusdifferenz betrug im Mittel 4,03 mm bei einem Minimalwert von 0,8 mm und einem Maximalwert von 12,1 mm.

5. Hydrocephalus internus

Ein obstruktiver Hydrocephalus internus lag bei 38,5 % der Akustikusneurinome der Gruppe III vor. Er war assoziiert mit bilateral-symmetrischen, periventrikulären hypodensen Arealen des frontalen Marklagers in 4 dieser Tumoren. Keine der Tumoren der Gruppe I und II bewirkte einen Hydrocephalus internus.

6. Ascendierende transincisurale Herniation

Von den verschiedenen Formen der ascendierenden transincisuralen Herniation ist die transcisternale supratentorielle Ausbreitung des Tumors die typische Form für das Akustikusneurinom.

Die computertomographische Kriterien für deren Nachweis wurden durch NAIDICH (NAIDICH, 1977, NAIDICH et al.

1977) ausgearbeitet. Sie sind:

1. Die Deformation, speziell die Distorsion und die ipsilaterale Obliteration der Cisterna quadrigeminalis.
2. Die Mittelhirnrotation.
3. Die Obliteration des posterioren Anteiles des III. Ventrikels und
4. Die anterolaterale Verlagerung des ipsilateralen Temporalhornes des Seitenventrikels.

Als zusätzliche Zeichen wurden von NAIDICH die kommaförmige Tumorkonfiguration nachgewiesen und als pathognomisch für Meningeome beschrieben. Die Zeichen 1 bis 4 wurden bei 19,2 % der Tumoren der Gruppe III nachgewiesen (Abb. 9). Keiner der Tumoren der Gruppen I und II wies Zeichen einer transcisternalen, supratentoriellen Tumorausdehnung auf. In Uebereinstimmung mit den Befunden von NAIDICH wurde bei keinem der Akustikusneurinome dieser Studie mit Zeichen einer transcisternalen supratentoriellen Tumorausdehnung eine kommaförmige Konfiguration des Tumors nachgewiesen.

Die Analyse der indirekten Zeichen ist in der Tabelle 2 zusammengefasst.

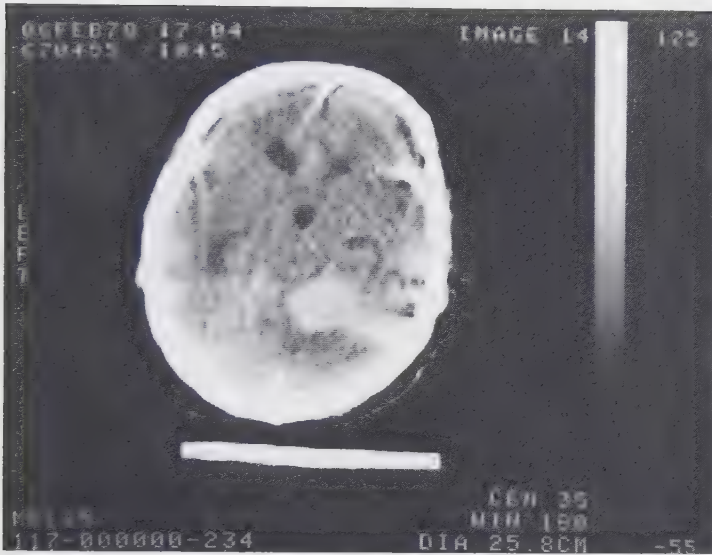


Abb. 9:

Transcisternale supratentorielle Ausdehnung eines grossen, 4 cm im Durchmesser messenden, rechtsseitigen Akustikusneurinomes. Zu erkennen sind die Deformation der Cisterna quadrigeminalis, die Obliteration des posterioren Anteiles des III. Ventrikels, die anterolaterale Verlagerung des ipsilateralen Temporalhornes sowie der, ein homogenes Enhancement aufweisender, in der Incisura tentorii gelegene Tumor.

Tabelle 2: Indirekte Zeichen bei 73 Akustikusneurinomen

	Anzahl Fälle Total	Fälle %	Gruppe I Fälle %	Gruppe II Fälle %	Gruppe III Fälle %			
1. IV. Ventrikel								
a) Kompression	29	40,9	17	73,9	9	37,5	3	11,5
b) Kompression und Verlagerung	36	47,5	0	0,0	13	54,2	23	87,5
2. Cisterna pontocere- bellaris.								
a) Erweiterung 1	10	16,4	6	28,5	5	20,8	0	0,0
b) Obliteration	59	81,1	15	71,4	17	70,8	26	100,0
3. Cisterna ambiens infratentoriell								
a) Erweiterung	45	60,5	7	28,5	16	66,6	22	84,5
4. Hydrocephalus obstructivus	10	12,8	0	0,0	0	0,0	10	38,5
5. Poruserweiterung (2 mm)	55/67	86,0	19/23	82,6	19/21	90,4	17/20	85,0
6. Aszendierende Herniation	5	6,4	0	0,0	0	0,0	5	19,2

1 eingeschlossen sind dabei auch die Fälle mit nur pariteller Obliteration der Cisterna pontocerebellaris.

II. DIREKTE ZEICHEN

1. Analyse des Nativ-Scans

64,4 % aller Akustikusneurinome wiesen die gleiche Dichte wie das umgebende normale cerebelläre Parenchym auf (isodense Akustikusneurinome). Sie waren somit unsichtbar (Abb. 10). 19,2 % der Tumoren wiesen eine niedrigere Dichte (hypodense Akustikusneurinome) (Abb. 11) und 16,4 % eine höhere Dichte (hyperdense Akustikusneurinome) (Abb. 12) im Vergleich zum cerebellären Parenchym auf. Somit waren insgesamt 35,6 % aller Akustikusneurinome im Nativscan entweder als hypodense oder weniger häufig leicht hyperdense Areale im Kleinhirnbrückenwinkel sichtbar. Die Absorptionswerte in Hounsfield-Einheiten für die isodensen Tumoren lagen zwischen 30 und 36 HU, mit einem Mittelwert von 32,5 HU. Diejenigen für die hypodensen Tumoren schwankten zwischen 22 und 29 HU mit einem Mittelwert von 25,4 HU, wobei die hyperdensen Tumoren Absorptionswerte zwischen 37 und 44 HU, mit einem Mittelwert von 41 HU aufwiesen. Sämtliche dieser Tumoren wiesen scharfe Begrenzung auf.

Das Ueberwiegen der isodensen Tumoren liess sich auch in der getrennten Auswertung jeder Gruppe feststellen. Allerdings war deren prozentualer Anteil in jeder Gruppe unterschiedlich: In der Gruppe der kleinen Akustikusneurinome waren 86,9 % (20 Tumoren) isodens, 8,7 % (2 Tumoren) hypodens und 4,3 % (1 Tumor) hyperdens. In der Gruppe der mittelgrossen Akustikusneurinome waren 62,5 % (15 Tumoren) isodens, 16,6 % (4 Tumoren) hypodens und 20,8 % (5 Tumoren) hyperdens. In der Gruppe

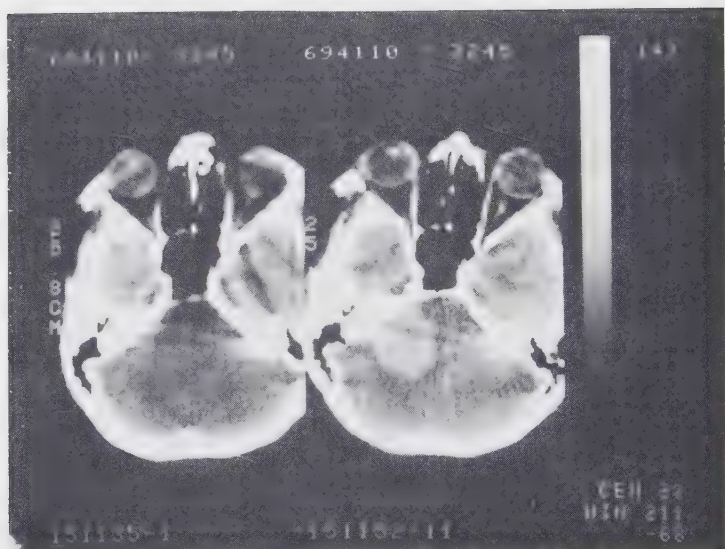


Abb. 10:

Isodenses Akustikusneurinom links.

Der Tumor ist auf dem Nativscan (linkes Bild) nicht zu erkennen. Nach Kontrastmittel-Applikation (rechts im Bild) weist er ein homogenes Enhancement auf. Der Tumor ist scharf begrenzt und oval konfiguriert. Sein grösster Durchmesser verläuft dabei in nahezu medio-lateraler Richtung.

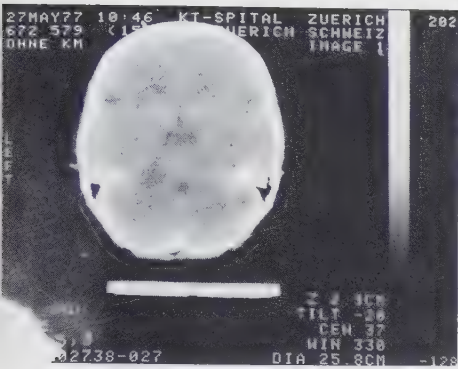


Abb. 11 a:

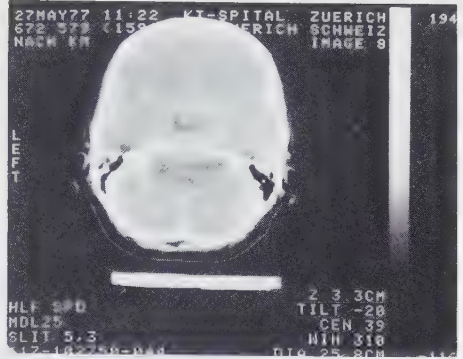


Abb. 11 b:

Abb. 11: Hypodenses Akustikusneurinom links.

a) Der Tumor ist bereits auf dem Nativ-Scan aufgrund seiner erniedrigten Dichte sichtbar.

b) Er weist ein ringförmiges Enhancement auf.

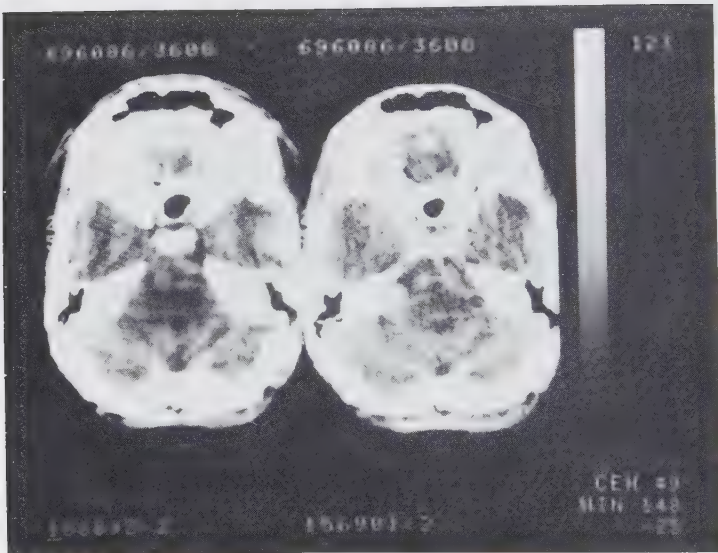


Abb. 12: Hyperdenses Akustikusneurinom links.
Der mittelgrosse Tumor ist bereits auf dem Nativ-Scan durch seine leicht erhöhte Dichte sichtbar (linkes Bild). Er weist ein intensives und homogenes Enhancement auf (rechtes Bild).

der grossen Akustikusneurinome waren 46,2 % (12 Tumoren) isodens, 30,7 % (8 Tumoren) hypodens und 23,1 % (6 Tumoren) hyperdens. Es fällt somit auf, dass der Anteil der bereits im Nativscan sichtbaren Tumoren mit zunehmendem Tumordurchmesser grösser wird. Um diese Beziehung quantitativ zu erfassen, wurde folgendes Verhältnis für jede der 3 Gruppen berechnet:

$$\frac{\text{Anzahl hypodenser + hyperdenser Tumoren}}{\text{Anzahl isodenser Tumoren}}$$

Es betrug 0,15 für Gruppe I, 0,6 für Gruppe II und 1,16 für Gruppe III.

2. Analyse des "Post-Contrast-Scan".

Der Postkontrast-Scan wurde in Bezug auf die Absorptionswerte des Tumors nach intravenöser Kontrastmittel-Applikation, die computertomographische Morphologie des Tumors sowie die topographischen Beziehungen des Tumors zu seinen benachbarten Strukturen, speziell der posterioren Fläche des Felsenbeines und dem Tentorium analysiert.

a) Absorptionswerte des Tumors

Bei Tumoren mit homogenen Enhancement wurde der Absorptionswert des gesamten Tumorareales gemessen. Bei Tumoren mit inhomogenen Enhancement wurden die Absorptionswerte der Bezirke mit positivem Enhancement, die hypodensen Areale des Tumors sowie der Mittelwert über das gesamte Tumorareal gemessen.

Bei Tumoren mit ringförmigen Enhancement wurde der Absorptionswert der Ringstruktur gemessen.

In der Gruppe der grossen Akustikusneurinome schwankte der absolute Absorptionswert nach Kontrastmittel-Applikation zwischen 44 und 89 HU bei einem Mittelwert von 69,5 HU. Der Mittelwert der Kontrastverstärkung betrug bei dieser Gruppe 36,5 HU. Die primär isodense Tumoren wiesen einen mittleren Absorptionswert nach Kontrastmittel-Applikation von 69 HU und eine Kontrastverstärkung von 36,6 HU auf. Die primär hypodensen Tumoren wiesen einen Postkontrastabsorptionswert von 67,3 HU und eine Kontrastverstärkung von 41,8 HU auf. Die primär hyperdensen Tumoren wiesen einen Postkontrastabsorptionswert von 72 HU und eine Kontrastverstärkung von 31 HU auf.

Die Absorptionswerte des Postkontrast-Scans der Gruppe der mittelgrossen Akustikusneurinome schwankten zwischen 43 und 105 HU, bei einem Mittelwert von 80,4 HU. Der durchschnittliche Wert der Kontrastverstärkung betrug in dieser Gruppe von Tumoren 40,6 HU. Die isodensen Tumoren wiesen einen mittleren Absorptionswert nach Kontrastmittel-Applikation von 79,7 und eine mittlere Kontrastverstärkung von 47,3 HU auf. Bei den hypodensen Tumoren betrug der mittlere Absorptionswert 54,2 und die Kontrastverstärkung 28,8 HU. Der mittlere Absorptionswert und die mittlere Kontrastverstärkung bei den hyperdensen Tumoren betrug in 86,8 bzw. 45,8 HU.

Die Absorptionswerte des Postkontrast-Scans in der Gruppe der kleinen Akustikusneurinome schwankten

zwischen 40 und 125 HU, wobei der Mittelwert 74,6 HU betrug. Der Mittelwert der Kontrastverstärkung betrug 57,8 HU. Der mittlere Absorptionswert und die mittlere Kontrastverstärkung betrugen bei den isodensen Tumoren 71,6 bzw. 39,1 HU, bei den hypodensen Tumoren 78 bzw. 50,3 HU und bei den hyperdensen Tumoren 125 bzw. 84 HU.

b) Tumormorphologie

Die morphologische Analyse der Tumoren erfolgte sowohl durch optische Auswertung des vergrösserten Bildes als auch durch die Anwendung des Histogrammes. Ein Tumor wurde als homogen bezeichnet, wenn optisch das Tumoreareal keine Diskontinuität in seiner Dichte aufwies und die histogrammische Kurve eine schmale Basis, eine symmetrische glockenförmige Form und eine einzige Spitze aufwies.

Als inhomogen wurden Tumoren bezeichnet, bei denen entweder optisch deutliche Diskontinuitäten der Dichte des Tumoreareales im Sinne von einem oder mehreren hypodensen Arealen oder von abwechselungsweise nebeneinander liegenden dichteren und weniger dichten Zonen wahrgenommen wurden und/oder die histogrammische Kurve eine relativ breite Basis, eine asymmetrische Verlaufsform und mehrere Spitzen aufwies.

Als ringförmig wurden die wenigen Akustikusneurinome bezeichnet, welche auf dem Postkontrastscan eine periphere ringförmige Dichteanhebung und ein zentrales hypodenses Areal aufwiesen.

41 der Tumoren (56,2 %) waren homogen (Abb. 13), 26 der Tumoren (35,6 %) waren inhomogen (Abb. 14) und 6 der Tumoren (8,2 %) waren ringförmig (Abb. 11).

In der Gruppe der 26 grossen Akustikusneurinome waren 8 Tumoren (30,7 %) homogen, 15 Tumoren (57,6 %) inhomogen und 3 Tumoren (11,5 %) ringförmig.

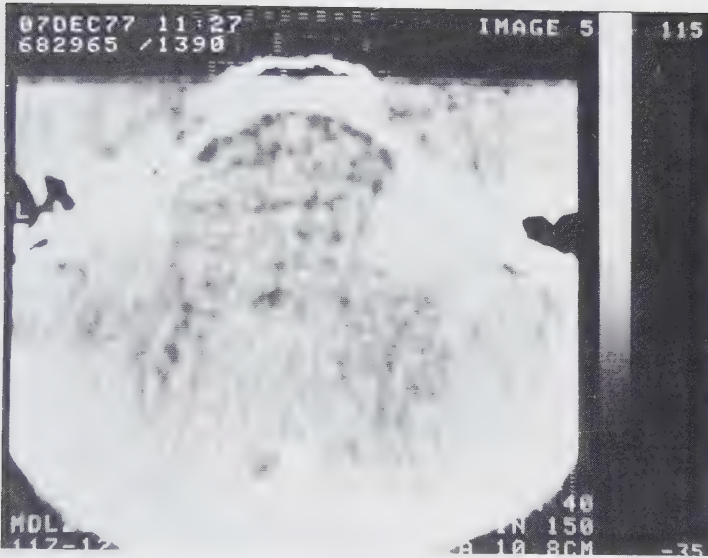


Abb. 13:

Homogenes Enhancement.

Das rechtsseitige, mittelgrosse Akustikusneurinom weist ein intensives und homogenes Enhancement auf. Der Tumor ist sehr scharf begrenzt und rund konfiguriert. Dies entspricht der typischen Morphologie des Akustikusneurinomes.

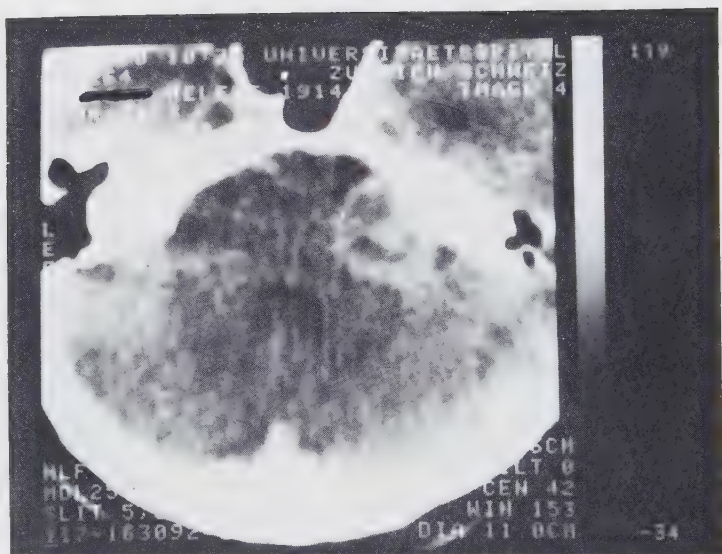


Abb. 14: Inhomogenes Enhancement bei einem rechtsseitigen, mittelgrossen Akustikusneurinom. Der Tumor weist ein nahezu ringförmiges Enhancement auf. Dazwischen sind hypodense Areale vorhanden, sodass eine inhomogene Morphologie entsteht.

In der Gruppe der 24 mittelgrossen Akustikusneurinome waren 12 Tumoren (50 %) homogen, 9 Tumoren (37,5 %) inhomogen und 3 Tumoren (12,5 %) ringförmig.

In der Gruppe der 23 kleinen Akustikusneurinome waren 21 Tumoren (91,3 %) homogen, 2 Tumoren (8,7 %) inhomogen.

c) Tumorform

Es konnten zwei Hauptformen von Tumoren unterschieden werden: Solche, welche kreisförmig bzw. rund und solche, welche oval bis elliptisch konfiguriert waren.

58 der Tumoren (79,2 %) waren rund (Abb. 13) und 15 der Tumoren (20,8 %) oval konfiguriert (Abb. 10).

Der grösste Durchmesser der oval konfigurierten Tumoren verlief bei 8 Fällen in nahezu mediolateraler und bei 7 Fällen in nahezu anteroposteriorer Richtung.

22 der Tumoren (96 %) der Gruppe der kleinen Akustikusneurinome waren rund und lediglich 1 Tumor war oval konfiguriert.

In der Gruppe der mittelgrossen Akustikusneurinome waren 20 Tumoren rund (83 %) und 4 Tumoren oval (17 %) konfiguriert.

Der Anteil der oval konfigurierten Tumoren betrug in der Gruppe der grossen Akustikusneurinome 10 Tumoren (38 %). 16 Tumoren (62 %) dieser Gruppe waren rund konfiguriert.

d) Tumorbegrenzung

Sämtliche Tumoren (100 %) der vorliegenden Studie wiesen auf dem Postkontrastscan eine scharfe Begrenzung auf.

e) Perifokales Oedem

Einer, die Peripherie des Tumors umgebender, relativ schmaler, hypodenser Saum, welcher zwischen Tumorgewebe und messtechnisch sowie optisch normal dichtem cerebellären Parenchym nachweisbar war, wurde als perifokales Oedem bezeichnet (Abb. 15). Seine Dichtewerte schwankten zwischen 18 und 26 HU und lagen somit unterhalb derjenigen des cerebellären Parenchyms und des kontrastverstärkten Tumorgewebes.

Es konnte bei 24 Akustikusneurinomen (48 %) nachgewiesen werden, wobei 19 (73,1 %) der grossen und 5 (20,8 %) der mittelgrossen Akustikusneurinome daran beteiligt waren. Bei keinem der Tumoren der Gruppe der kleinen Akustikusneurinome konnte ein perifokales Oedem nachgewiesen werden. Hingegen wiesen 15 der Tumoren dieser Gruppe (61,4 %) einen hypodensen, liquordichten Saum zwischen medialem Tumorrand und umgebender medialer Wand der Cisterna pontocerebellaris auf. Dieses Phänomen entspricht dem noch nicht verdrängten Liquor innerhalb der Cisterna pontocerebellaris und wurde ausschliesslich bei den kleinsten Tumoren dieser Studie beobachtet (partielle Obliteration der Cisterna pontoce-

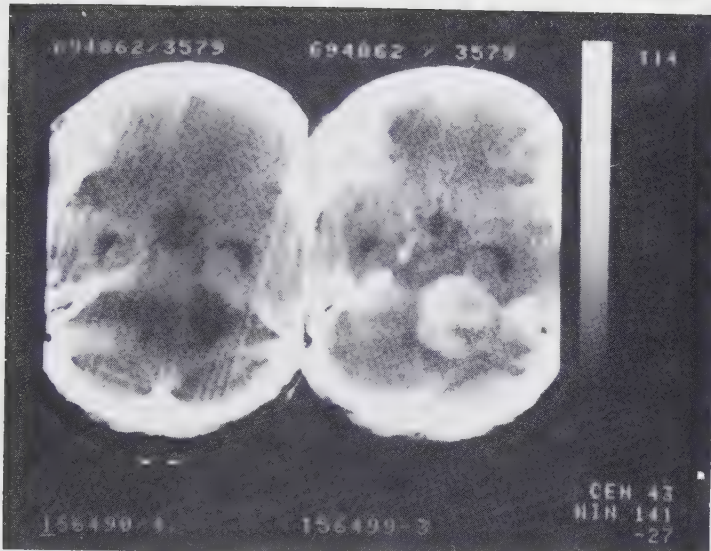


Abb. 15:

Perifokales Oedem bei einem grossen rechtsseitigem Akustikusneurinom. Das Oedem lässt sich als ein feiner, den Tumor umgebender hypodenser Saum nachweisen (rechtes Bild). Der primär hypodense Tumor (linkes Bild) weist ein inhomogenes Enhancement auf (rechtes Bild).

rebellaris).

- f) Beziehung des Tumors zur posterioren Wand des Felsenbeines.

Sämtliche Tumoren wiesen einen engen Kontakt mit der posterioren Wand des Felsenbeines auf. Dabei war ein "Konfluieren" der lateralen Tumorbegrenzung mit der posterioren Felsenbeinwand über ein kurzes Segment, welches die Region des Einganges zum inneren Gehörgang und je nach Grösse des Tumors noch anschliessende anterior und posterior des Porus gelegenen Anteile der posterioren Felsenbeinwand umfasste, charakteristisch und konstant nachweisbar.

Der Winkel, welcher von der antero- und/oder posterolateralen Tumorwand und der ipsilateralen posterioren Felsenbeinwand gebildet wird (Tumor-Knochen-Winkel) war bei 62 der Akustikusneurinome (84,8 %) charakteristischerweise spitz (Abb. 16) und bei 11 der Tumoren (15,2 %) stumpf (Abb. 17). Sämtliche Tumoren der Gruppe II und III wiesen dabei einen spitzen Tumor-Knochen-Winkel auf, wogegen dieser Winkel bei 11 Tumoren der Gruppe der kleinen Akustikusneurinome (47 % dieser Gruppe) stumpf war.

- g) Beziehung des Tumors zum Tentorium

Der anterolaterale Tumorrand berührte den ipsilateralen freien Tentoriumrand in 53,4 % der Fälle (39 Akustikusneurinome) (Abb. 18). Diese verteilen sich in 23 Tumoren (88,5 %) der Gruppe der grossen Akustikusneurinome und 16 Tumoren (66,6 %) der Gruppe der mittelgros-

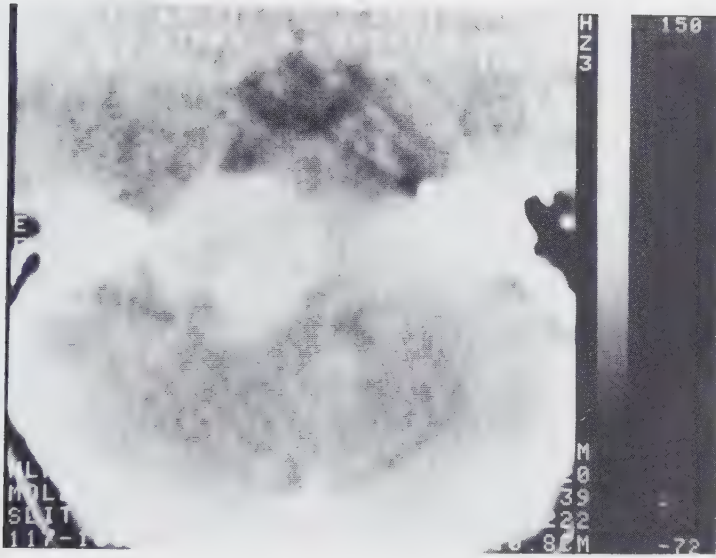


Abb. 16:

Spitzer Tomor-Knochen-Winkel bei einem grossen linksseitigem Akustikusneurinom. Das Neurinom weist eine enge Beziehung zum Tentorium nach anterolateral und zum Felsenbein nach posterolateral auf. Der Winkel zwischen Tumorrand und Tentorium sowie Felsenbein ist charakteristischerweise spitz.

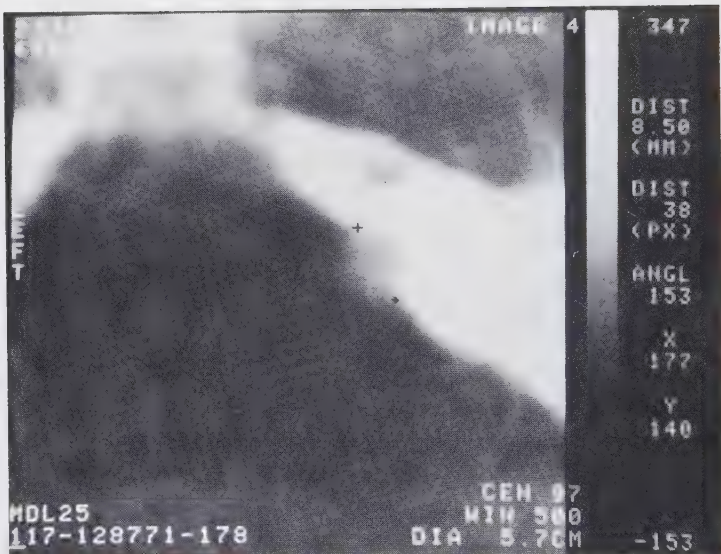


Abb. 17: Stumpfer Tumor-Knochen-Winkel. Das kleine, rechtsseitige Akustikusneurinom ragt diskret aus dem erweiterten inneren Gehörgang heraus. Der Winkel zwischen dem tumorrand und der anterior sowie posterior davon gelegenen Felsenbeinkante ist stumpf.

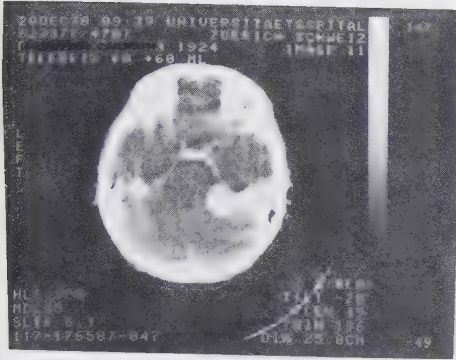


Abb. 18 a

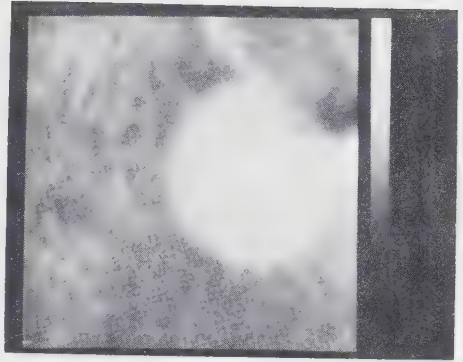


Abb. 18 b

Abb. 18 a und b:

Der anterolaterale Tumorrund weist eine enge Beziehung zum Tentorium auf (a).
Diese lässt sich noch deutlicher auf dem vergrößerten Bild darstellen (b).

stikusneurinome. Keines der kleinen Akustikusneurinome wies eine Beziehung zum ipsilateralen Tentoriumrand auf.

Die ausgewerteten direkten Zeichen wurden in der Tabelle 3 zusammengestellt.

III. ZEICHEN DES EXTRAAXIALEN URSPRUNGS DER AKUSTIKUSNEURINOME.

NAIDICH (NAIDICH et al., 1976) hat Kriterien aufgestellt, mit deren Hilfe die extraaxiale Natur von Tumoren der hinteren Schädelgrube erkannt werden kann. In der vorliegenden Studie wurden diese Kriterien in Bezug auf die Erkennbarkeit des extraaxialen Ursprungs der 73 Akustikusneurinomen untersucht. Diese Kriterien umfassen:

1. Erweiterung der zum Tumor ipsilateralen Subarachnoidalräume.
2. Konfluenz zwischen Tumor und angrenzendem Knochen bzw. Tentorium.
3. Knochenveränderung.
4. Scharfe Tumorbegrenzung, vor allem nach intravenöser Kontrastmittel-Applikation.

Die Auswertung dieser Zeichen wurde in der Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 3: Direkte Zeichen bei 73 Akustikusneurinomen

	Anzahl Fälle Total	Fälle %	Gruppe I Fälle %	Gruppe II Fälle %	Gruppe III Fälle %
I. NATIV-SCAN					
1. Isodens	47	64,4	20	15	12
2. Hypodens	14	19,2	2	4	8
3. Hyperdens	12	16,4	1	5	6
II. POSTKONTRAST-SCAN					
1. Homogen	41	56,2	21	12	8
2. Inhomogen	26	35,6	2	9	15
3. Ringförmig	6	8,2	0	3	3
III. PERIFOKALES OEDEM	24	32,8	0	5	19
IV. BEZIEHUNG ZUM TENTORIUM	39	53,4	0	16	23
V. SPITZER TUMOR-KNOCHEN-WINKEL	62	84,8	12	24	26

Tabelle 4: Zeichen des extra-axialen Ursprungs bei 73 Akustikusneurinomen.

CT-Zeichen	Anzahl Fälle Total	Fälle %	Gruppe I Fälle %	Gruppe II Fälle %	Gruppe III Fälle %
I. Ipsilaterale Erweiterung basaler Cisternen	45	61,5	7 28,9	16 66,6	22 84,5
II. Knochenveränderung (Poruserweiterung)	55/67	85,9	10/23 82,6	19/21 90,4	17/20 85,0
III. Scharfe Tumorbegrenzung (nach KM-Applikation)	73	100,0	23 100,0	24 100,0	26 100,0
IV. a) Beziehung des Tumors zum Knochen	73	100,0	23 100,0	24 100,0	26 100,0
b) Beziehung des Tumors zum Tentorium	39	53,4	0 0,0	16 66,6	23 88,5

D I S K U S S I O N

I. ALLGEMEINES COMPUTERTOMOGRAPHISCH-DIAGNOSTISCHES VOR- GEHEN

Das Akustikusneurinom stellt den häufigsten Kleinhirnbrückenwinkeltumor dar. Röntgenologisch ist ein Kleinhirnbrückenwinkeltumor als ein infratentorieller, extraaxialer Tumor, welcher in die Cisterna pontocerebellaris lokalisiert ist, definiert. Die computertomographische Diagnose des Akustikusneurinomes setzt voraus, dass zuerst das Vorhandensein eines Kleinhirnbrückenwinkeltumors zuverlässig nachgewiesen wird. In einem weiteren diagnostischen Schritt gilt es dann, aufgrund von charakteristischen bzw. zuverlässigen morphologischen Kriterien das Akustikusneurinom von anderen Kleinhirnbrückenwinkeltumoren zu differenzieren. Somit lässt sich das diagnostische Vorgehen für den computertomographischen Nachweis des Akustikusneurinomes wie folgt zusammenfassen:

1. Nachweis eines infratentoriellen Tumors.
2. Nachweis des extraaxialen Ursprungs des infratentoriellen Tumors.
3. Nachweis der spezifischen Lokalisation des infratentoriellen extraaxialen Tumors in die Cisterna pontocerebellaris.
4. Nachweis von differential-diagnostischen Kriterien, welche die Artdiagnose des Akustikusneurinomes erlauben.

Kriterien, mit deren Hilfe das Vorliegen eines infra-

tentoriellen Tumors erkannt wird, sind die Deformation oder die Verlagerung des 4. Ventrikels, die Erweiterung oder die Obliteration von basalen Cisternen, das Vorliegen von Zonen abnormer Dichte in der hinteren Schädelgrube sowie ein pathologisches Enhancement (Naidich, 1977). Das sicherste Zeichen für das Vorliegen eines infratentoriellen Tumors ist sein direkter Nachweis. Der direkte Nachweis eines Tumors im Computertomogramm beruht auf die Erfassung einer Zone abnormer Dichte bzw. eines pathologischen Contrast-Enhancement. Der Nachweis einer Zone abnormer Dichte im infratentoriellen Raum ist auf dem Nativscan häufig schwierig. Dies gilt insbesondere für das Akustikusneurinom, welches in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als isodens erscheint (KAZNER, et al., 1976, GYDENSTED et al., 1976, PARKER et al, 1977). 64,4 % der Akustikusneurinome der vorliegenden Studie waren primär isodens und somit auf dem Nativscan direkt nicht zu erfassen. Darüber hinaus sind es jedoch die geringe Tumorausdehnung und die Lokalisation des Tumors sowie die in der hinteren Schädelgrube relativ häufig vorkommende Artefakte, welche als limitierende Faktoren für den direkten Tumornachweis auf dem Nativscan wirken.

Das Akustikusneurinom ist, was die computertomographische Diagnostik betrifft, in einer ungünstigen Stelle der hinteren Schädelgrube lokalisiert. Es liegt in die Cisterna pontocerebellaris und steht somit in unmittelbarer Nähe zur posterioren Wand des Felsenbeines. Der abrupte, diskontinuierliche Uebergang von sehr hohen Dichtewerten (bis nahezu 1000 HE) welche durch das Knochengewebe (Felsenbein) bedingt sind zu relativ niedrigen Dichtewerten (ca. 0 HU), welche durch den unmittelbar medial vom Felsenbein sich befindenden Liquor der Cisterna pontocerebellaris bedingt sind, führt häu-

fig zur Entstehung eines sogenannten "overswing-Artefaktes" (KINGSLEY, 1977). Es handelt sich dabei um einen durch einen Rechenfehler bedingten hypodensen Streifen, welcher auf Höhe des Kleinhirnbrückenwinkels zwischen beiden Felsenbeinen verläuft (sog. Houndsfieldlinie) (KAZNER et al., 1978). Dadurch wird der Kleinhirnbrückenwinkel partiell überlagert, sodass kleine, aber auch mittelgrosse Tumoren, deren Dichte sogar von derjenigen des umgebenden, normalen cerebellären Parenchyms abweicht, nicht erkannt werden können.

Die Analyse des vorliegenden Materials hat ergeben, dass das zuverlässigste Kriterium für das Vorliegen eines infratentoriellen raumfordernden Prozesses, die Deformation und/oder Verlagerung des 4. Ventrikels ist. Die Anomalie des 4. Ventrikels wurde bei 88,4 % der Fälle dieser Studie nachgewiesen. Daraus müssen zwei Schlussfolgerungen gezogen werden: Einerseits stellt eine Verlagerung oder Deformation des 4. Ventrikels ein sicheres, wenn auch indirektes und unspezifisches Zeichen für das Vorliegen einer infratentoriellen Raumforderung dar und sollte immer eine absolute Indikation für die Kontrastmittel-Applikation sein und andererseits muss festgehalten werden, dass ein unauffälliger 4. Ventrikel ein kleines Akustikusneurinom nicht ausschliesst. In der Tat war bei 6 kleinen Akustikusneurinomen in dieser Studie der 4. Ventrikel morphologisch unauffällig. NAIDICH stellt fest, dass mit Hilfe der von ihm aufgestellten Kriterien ein infratentorieller Tumor mit einem Durchmesser von mehr als 1 cm und vorausgesetzt, dass die Untersuchung speziell für die adaequate Darstellung der hinteren Schädelgrube durchgeführt wurde (d.h.: Anwendung von dünnen, sich überlappenden Schichten) in der grossen Mehrzahl der Fälle zuverlässig erfasst werden kann (NAIDICH, 1977).

Durch die Entwicklung und Anwendung einer speziellen Untersuchungstechnik ist es möglich geworden, wie aus den vorgänglich dargestellten Resultaten zu entnehmen ist, kleine Akustikusneurinome, d.h. solche, welche um weniger als 1 cm im Kleinhirnbrückenwinkel hineinragen, zu erfassen. Auf die Problematik, Möglichkeiten und Grenzen der computertomographischen Diagnostik des kleinen Akustikusneurinomes wird weiter unten speziell eingegangen.

Nachdem ein infratentorieller Tumor nachgewiesen wurde, gilt es dann zwischen intra- und extraaxialer Lokalisation zu differenzieren. NAIDICH hat aufgrund einer detaillierten Analyse von 47 extraaxialen Tumoren der hinteren Schädelgrube Kriterien aufgestellt mit deren Hilfe der Nachweis des extraaxialen Ursprungs von infratentoriellen Tumoren ermöglicht wird (NAIDICH et al., 1976). Diese sind:

1. Die Erweiterung von infratentoriellen Cisternen, welche durch das Verdrängen des Hirnparenchyms vom Knochen weg, durch den Tumor bedingt wird.
2. Ossäre Destruktion.
3. Kontinuität des Tumors mit dem Tentorium und/oder der knöchernen Begrenzung der hinteren Schädelgrube, und
4. Die scharfe Begrenzung des Tumors auf dem Postcontrast-Scan.

Die Treffsicherheit dieser Kriterien beträgt nach NAIDICH 86 %, speziell für das Akustikusneurinom in 83 % (NAIDICH et al., 1976).

Das zuverlässigste Kriterium für einen extraaxialen Tumor ist die ipsilaterale Erweiterung der den Tumor umgebenden Cisternen. Sie kommt dadurch zustande, dass durch die raumfordernde Wirkung das Hirnparenchym komprimiert und vom Knochen wegverdrängt wird. Folglich wird der zwischen beiden sich befindende subarachnoidale Raum erweitert. Diese Veränderung betrifft für einen Kleinhirnbrückenwinkeltumor primär die Cisterna pontocerebellaris. Eine Erweiterung der zum Tumor ipsilateralen Cisterna pontocerebellaris konnte bei 16,4 % der Akustikusneurinome der vorliegenden Studie nachgewiesen werden. Die Ursache für diesen eindeutig niedrigen Prozentsatz besteht darin, dass diese Cisterne bei 81 % der Fälle durch den Tumor obliteriert war. Es war also nicht möglich, die Begrenzung und somit die Grösse dieser Cisterne zu bestimmen. Auch NAIDICH konnte eine ipsilaterale cisternale Erweiterung unter seinem Material bei nur 26 % der Fälle nachweisen (NAIDICH et al., 1976). Aus der Analyse des vorliegenden Materials geht jedoch hervor, dass der einseitigen, ipsilateralen Obliteration der Cisterna pontocerebellaris eine besondere Bedeutung für den Nachweis einer extraaxialen Läsion zukommt. Dies um so mehr, wenn diese Veränderung gleichzeitig mit weiteren Zeichen einer extraaxialen Raumforderung vorkommt. So konnte festgestellt werden, dass die Erweiterung des infratentoriellen Anteiles der ipsilateralen Cisterna ambiens einen häufigen und zuverlässigen Befund, was die extraaxiale Lokalisation des Tumors betrifft, darstellt. Sie konnte bei 60,5 % der 73 Akustikusneurinome festgestellt werden. Da jedoch diese Cisterne anterior des Tumors liegt, ist es verständlich und dies wird auch durch die statistische Analyse des Materials bestätigt (s. Tab. 2), dass deren Dilatation von der Grösse des Tumors abhängig ist. Bei 16 der 23 kleinen Akustikusneurinome konnte

eine solche Veränderung nicht nachgewiesen werden. Dies weist wiederum auf die besondere Problematik der computertomographischen Diagnostik des kleinen Akustikusneurinomes hin. Bei denjenigen Fällen, bei denen eine Erweiterung der Cisterna ambiens vorlag, liess sich gleichzeitig eine Rotation der Pons in der zum Tumor gegensinnigen Richtung nachweisen.

Ein weiteres zuverlässiges Kriterium für das Vorliegen eines extraaxialen infratentoriellen Tumors stellt nach NAIDICH der Nachweis einer Knochendestruktion dar (NAIDICH et al., 1976). Er konnte dies allerdings bei nur 6 % seiner Fälle nachweisen. Diesbezüglich weist allerdings das Akustikusneurinom gegenüber den restlichen Kleinhirnbrückenwinkeltumoren einen Vorteil auf: Es ist in der grossen Mehrzahl der Fälle typischerweise mit einer Erweiterung des ipsilateralen inneren Gehörganges kombiniert. Diese kann, vorausgesetzt, dass eine exakt symmetrische Einstellung des Patienten erfolgte und die Auswertung bei einer entsprechenden Fensterhöhe vorgenommen wurde, computertomographisch nachgewiesen werden. Sie wurde bei 86 % der Fälle dieser Studie festgestellt. Diesem Befund kommt also eine signifikante Bedeutung nicht nur für den Nachweis der extraaxialen Lokalisation eines Kleinhirnbrückenwinkeltumors, sondern für die spezifische Diagnose des Akustikusneurinomes zu.

Die weiteren Kriterien für einen extraaxialen Tumor der hinteren Schädelgrube, nämlich die Kontinuität des Tumors mit dem Tentorium bzw. Knochen und die scharfe Begrenzung des Tumors, sind zwar häufig nachzuweisen (in je 100 % der Fälle dieser Studie und in 72, resp. 87 % der Fälle von NAIDICH) müssen jedoch als weniger zuverlässig angesehen werden, da sie auch bei intraaxialen, in den lateralen Antei-

len des Cerebellums gelegenen Tumoren, gefunden werden.

Zusammenfassend kann also gefolgert werden, dass die extra-axiale Lokalisation von Akustikusneurinomen mit einem Durchmesser von mehr als 1 cm computertomographisch zuverlässig erfasst wird. Dies beruht auf dem Nachweis von:

1. Einer ipsilateralen Erweiterung der Cisterna pontocerebellaris.
2. Einer ipsilateralen Erweiterung der Cisterna ambiens.
3. Einer Obliteration der Cisterna pontocerebellaris, insbesondere wenn sie mit einer Erweiterung der ipsilateralen Cisterna ambiens und des inneren Gehörganges kombiniert ist.
4. Einer signifikanten Erweiterung des ipsilateralen inneren Gehörganges.

Das Fehlen von cisternalen Veränderungen schliesst das Vorliegen eines kleinen Akustikusneurinomes nicht aus. In diesen Fällen ist der Nachweis eines dilatierten inneren Gehörganges besonders hilfreich, wurde er doch bei 82,6 % der kleinen Neurinome dieser Studie nachgewiesen (s. Tab. 2).

Die beschriebenen Veränderungen stellen die diagnostischen Kriterien dar mit deren Hilfe das Vorliegen eines primären Kleinhirnbrückenwinkeltumors erfasst wird. Mit Ausnahme des erweiterten inneren Gehörganges, stellen sie unspezifische Veränderungen dar, die die Artdiagnose des Akustikusneurinomes nicht erlauben. Bei diesen Veränderungen handelt es sich grösstenteils um indirekte Tumorzeichen, welche auf das Vorhandensein einer raumfordernden Läsion im Kleinhirnbrückenwinkel hinweisen. Diese indirekten, vorwiegend cisternalen Veränderungen, sind seit langem von einer der

klassischen neuroradiologischen Untersuchungsmethoden, der Luftencephalographie her bekannt .

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Computertomographie mindestens so treffsicher ist wie die Luftencephalographie, was den Nachweis der indirekten Veränderungen des Akustikusneurinomes betrifft.

Die beim Akustikusneurinom zu erhebenden luftencephalographische Befunde wurden vor allem von LILIEQUIST ausführlich beschrieben (LILIEQUIST, 1959).

Auch die Analyse des vorliegenden Materials bestätigt vollkommen diese Befunde. Aus dem Vergleich der luftencephalographischen mit den computertomographischen Befunden, geht jedoch hervor, dass durch die Luftencephalographie eine ipsilaterale Erweiterung der Cisterna pontocerebellaris und der Cisterna ambiens häufiger nachgewiesen wird als durch die Computertomographie (LILIEQUIST, 1959). Diese Diskrepanz ist deutlicher in der Gruppe der kleinen Akustikusneurinome anzutreffen. LILIEQUIST konnte bei Akustikusneurinomen, welche nur geringgradig aus dem Porus herausragen und somit durch einen deutlichen Luftsaum umgeben sind, eine diskrete Erweiterung der Cisterna pontocerebellaris nachweisen (LILIEQUIST, 1959). Dieser Befund konnte durch die Analyse der kleinen Akustikusneurinome dieser Studie computertomographisch nicht bestätigt werden. Im Computertomogramm lässt sich bei diesen Fällen eine partielle Obliteration der Cisterna pontocerebellaris, jedoch keine Erweiterung derselben nachweisen. Die Erklärung für diese Diskrepanz ist sicherlich darin zu suchen, dass durch die Einführung von Luft im Subarachnoidalraum dieser artifiziell dilatiert wird und so eine tumorin-

duzierte ipsilaterale Erweiterung vorgetäuscht wird. Somit ist die Computertomographie der Luftencephalographie deutlich überlegen. In der Tat wurde auch die Luftencephalographie seit der Einführung der Computertomographie, was die Diagnostik des Akustikusneurinomes betrifft, vollständig verdrängt. Eine Indikation für eine Luftencephalographie bei Patienten mit Verdacht auf Akustikusneurinom besteht heutzutage nicht mehr.

Zusammenfassend dargestellt sind die computertomographisch nachweisbaren indirekten Veränderungen des Akustikusneurinomes folgende:

1. Deformation der Cisterna pontocerebellaris
 - a) partielle Obliteration bei kleinen Tumoren
 - b) vollständige Obliteration bei mittelgrossen und grossen Tumoren.
 - c) ipsilaterale Erweiterung.
2. Erweiterung des infratentoriellen Anteiles der ipsilateralen Cisterna ambiens.
3. Ponsrotation.
4. Isolierte Kompression oder Kompression mit Verlagerung des 4. Ventrikels.
5. Hydrocephalus internus.

Tabelle 5: Die Dichte des Akustikusneurinomes auf dem Nativscan.
Vergleich der eigenen Studie mit den in der Literatur erschienenen grösseren Serien.

Autor	Jahr	Anz. Fälle	isodens	hypodens	hyperdens	gemischt	direkt sichtbar
Kazner	1976	53	31 (59 %)	6 (11 %)	12 (23 %)	4 (8 %)	22/53 (42 %)
Gyldensted	1976	11	5 (45 %)	3 (28 %)	3 (28 %)	0 (0 %)	6/11 (54 %)
Dubois	1976	17	-	-	-	-	4/17 (23 %)
Kendall	1977	31	13 (42 %)	14 (45 %)	4 (13 %)	-	18/31 (58 %)
Parker	1977	70	62 (89 %)	7 (10 %)	1 (1 %)	-	8/70 (11 %)
Davis	1977	40	35 (87 %)	4 (10 %)	1 (3 %)	-	5/40 (13 %)
Gardeur	1978	10	6 (60 %)	3 (30 %)	0 (0 %)	1 (10 %)	4/10 (40 %)
Möller	1978	36	21 (58 %)	2 (6 %)	5 (14 %)	8 (22 %)	15/36 (42 %)
Robbins	1978	29	23 (79 %)	2 (7 %)	4 (14 %)	0 (0 %)	6/29 (21 %)
Thomson	1978	30	3 (10 %)	17 (57 %)	10 (33 %)	0 (0 %)	27/30 (90 %)
Greitz	1978	16	5 (31 %)	8 (50 %)	2 (13 %)	1 (6 %)	11/16 (69 %)
Valavanis	1979	73	47 (64 %)	14 (19 %)	12 (17 %)	0 (0 %)	26/73 (36 %)
T o t a l		399	251 (63 %)	80 (20 %)	54 (14 %)	14 (3 %)	152/416 (37 %)

II. SPEZIELLE COMPUTERTOMOGRAPHISCHE DIAGNOSTIK DES AKUSTIKUSNEURINOMES.

Die definitive computer-tomographische Diagnose des Akustikusneurinomes erfolgt durch den direkten Nachweis des Tumors. Die direkten Tumorzeichen beruhen auf die unterschiedliche Strahlenabsorption des neoplastischen Gewebes in Bezug auf das den Tumor umgebende, normale, cerebelläre Parenchym und/oder auf die Zunahme der Strahlenabsorption für das Tumorgewebe in Bezug auf das Hirnparenchym nach intravenöser Kontrastmittel-Applikation (sogenanntes Contrast-Enhancement).

Aus den erhobenen Resultaten (s. Tab. 3) geht hervor, dass die Mehrheit der Akustikusneurinome (64,4 %) primär isodens erscheint. Dies steht in Uebereinstimmung mit vorgängig erhobenen Resultaten anderer Autoren (s. Tab. 5). Die Mehrheit der Akustikusneurinome ist somit auf dem Nativscan auf direkte Weise nicht zu erfassen. Dadurch kommt den indirekten Veränderungen bezüglich der Erfassung einer raumfordernden Kleinhirnbrückenwinkelläsion eine besondere Bedeutung zu. Die zweithäufigste Präsentationsform des Akustikusneurinomes auf dem Nativscan ist die eines hypodensen Tumors. 19,2 % der Fälle dieser Studie erschienen als hypodense, jedoch nicht liquordichte, Areale auf dem Nativscan. Am seltensten erscheint das Akustikusneurinom als hyperdenser Tumor (16,4 % der Fälle dieser Studie).

In der Tab. 5 wurden die Dichtewerte für das Akustikusneurinom aus den bis jetzt veröffentlichten grösseren Publikationen über dieses Thema gegenübergestellt und mit den Resultaten der vorliegenden Studie verglichen.

Es fällt dabei auf, dass die aufgrund der 73 Akustikusneurinome dieser Studie erhobenen Befunde nahezu identisch mit den Ergebnissen des Gesamtmaterials von 383 Akustikusneurinomen sind. Die einzigen signifikant abweichenden Befunde sind diejenigen von THOMSON (THOMSON, 1978). Im Gegensatz zu allen anderen Autoren, konnte THOMSON ein isodenses Akustikusneurinom bei nur 10 % seiner Fälle nachweisen. Daraus muss gefolgert werden, dass 90 % seiner Fälle bereits vor Kontrastmittel-Applikation direkt sichtbar waren. Dies steht allerdings in krassem Widerspruch zu den Resultaten aller anderen Autoren (s. Tab. 5). Diese eindeutige Diskrepanz ist höchstwahrscheinlich durch Fehlinterpretation von knocheninduzierten, vom Felsenbein herrührenden Artefakten zu erklären.

Betrachtet man die Akustikusneurinome gesamthaft, ohne auf deren Grösse Rücksicht zu nehmen, so kann gefolgert werden, dass das Akustikusneurinom in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, d.h. in über 60 %, computertomographisch einen primär isodensen Tumor darstellt und somit direkt und ohne intravenöse Kontrastmittel-Applikation nicht nachzuweisen ist. Die zweithäufigste Präsentationsform des Akustikusneurinomes ist diejenige eines hypodensen Tumors, wogegen ein primär hyperdenses Akustikusneurinom eine Ausnahme darstellt. In der Tat stellt ein primär hyperdenser, extraaxialer Kleinhirnbrückenwinkeltumor, wie weiter unten ausführlich dargelegt wird, ein gewichtiges Argument gegen das Vorliegen eines Akustikusneurinomes dar.

Der Grund, weswegen das Akustikusneurinom meistens als isodens erscheint, ist nicht bekannt. Hierzu sind exakt korrelierende neuropathologisch- radiologische Studien nötig.

Es ist bekannt, dass Meningeome im Computer-Tomogramm meistens als leicht hyperdense Tumoren erscheinen (WIGGLI et al., 1976, CLAVERIA et al., 1977, VASSILOUTHIS und AMBROSE, 1979). Dies ist auf die starke Vaskularisation und die häufig vorhandenen Psammomkörperchen zurückzuführen (VALAVANIS et al., 1979). Akustikusneurinome sind ebenfalls gut vaskularisierte Tumoren (DYKSTRA, 1964). Darüber hinaus weisen sie häufig bei der makroskopischen Untersuchung kleine Blutungsherde auf (RUBINSTEIN, 1972). Dies sind Faktoren, welche zu einer erhöhten Dichte beitragen sollten. Akustikusneurinome weisen aber auch, und dies vor allem wenn sie grösser sind, Areale mit hohem Lipidgehalt sowie zystische Veränderungen auf (RUBINSTEIN, 1972). Dies sind Faktoren, welche eine niedrige Dichte bewirken. Es kann somit die Hypothese aufgestellt werden, dass aus der Summation der bereits erwähnten, im Akustikusneurinom vorhandenen Hyper- und Hypodensitätsfaktoren eine isodense Erscheinungsform resultiert.

Auffallend ist ferner, dass der Anteil der primär isodensen Akustikusneurinome mit zunehmender Tumorgrösse abnimmt (s. Tab. 3). Gleichzeitig ist erkennbar, dass die Anzahl primär hypodenser Tumoren mit zunehmender Tumorgrösse zunimmt (s. Tab. 2). Es besteht somit eine Beziehung zwischen Tumorgrösse und morphologischem Erscheinungsbild des Akustikusneurinomes auf dem Computer-Tomogramm. Diese kann dadurch erklärt werden, dass durch das Tumorstadium die degenerativen Veränderungen, im Sinne von zystischer und fettiger Degeneration, einsetzen (DYKSTRA, 1964, RUBINSTEIN, 1972). Sie sind für eine erhöhte Strahlendurchlässigkeit und somit für eine verminderte Dichte des Tumors auf dem Computer-Tomogramm verantwortlich.

Die intravenöse Kontrastmittel-Applikation ist von entscheidender Bedeutung was die computer-tomographische Diagnostik des Akustikusneurinomes betrifft. Durch sie wird nicht nur die Erkennbarkeitsrate des Akustikusneurinomes erhöht, sondern es wird zusätzlich wichtige Information über die Morphologie und Ausdehnung des Tumors gewonnen.

Alle Akustikusneurinome der vorliegenden Studie (100 %) haben ein positives Contrast-Enhancement nach Kontrastmittel-Applikation aufgewiesen. Wie aus der Literaturzusammenstellung der Tabelle 6 hervorgeht, muss ein positives Contrast-Enhancement als charakteristisch für das Akustikusneurinom angesehen werden. 86 % von 481 in der Literatur mitgeteilten Fälle von Akustikusneurinomen, wiesen ein positives Contrast-Enhancement auf. Ein weiteres typisches Merkmal des Akustikusneurinomes stellt die Morphologie des Contrast-Enhancements dar. Die Zusammenstellung der diesbezüglichen Daten aus der Literatur (s. Tab. 7) ergibt, dass ca. 75 % der Akustikusneurinome ein homogenes Contrast-Enhancement aufweisen. Wie ebenfalls aus der Tabelle zu entnehmen ist, zeigen die Fälle der vorliegenden Studie mit 56 % die niedrigste Rate der in der Literatur mitgeteilten Fälle von homogenem Contrast-Enhancement. Der Grund dafür liegt höchstwahrscheinlich in der Art der Interpretation der Computer-Tomogramme. Neben der visuellen Beurteilung wurde dabei auch das Histogramm verwendet. Dabei handelt es sich um eine vom Rechner errechnete Kurve, welche die Verteilung der Dichtewerte innerhalb des Tumorareales angibt. Für ein homogenes Tumorareal ist dabei eine symmetrische, glockenförmige Kurve mit enger Basis im Sinne einer Gaus'schen-Kurve, charakteristisch. Nur Fälle, welche diese Kurvenform des Histogrammes aufwiesen, wurden für die Auswertung als homogen betrachtet.

Tabelle 6: Contrast-Enhancement beim Akustikusneurinom.
(Literaturzusammenstellung)

Autor	Jahr	Anz. Fälle	positives CE*	Prozentualer Anteil der Tumoren mit pos. CE*	Bemerkungen
Kazner	1976	53	50	94	
Gyldensted	1976	11	9	82	
Dubois	1976	26	22	85	
Naidich	1976	20	20	100	16 homogen, 3 inhomogen, 1 ringförmig
King	1977	29	21	72	16 starkes CE*, 5 mässiges CE*.
Kendall	1977	24	23	96	20 homogen, 3 ringförmig
Parker	1977	77	55	71	47 homogen, 8 ringförmig
Davis	1977	49	39	80	34 homogen, 5 ringförmig
Gardeur	1978	10	9	90	6 homogen, 2 inhomogen, 1 ringförmig
Möller	1978	36	32	89	28 starkes CE*, 4 mässiges CE*
Robbins	1978	39	23	59	
Thomson	1978	29	28	97	
Greitz	1978	16	16	100	
Valavanis	1978	73	73	100	41 homogen, 26 inhomogen, 6 ringförmig
T o t a l		481	411	86	

* Contrast-Enhancement

Tabelle 7:

Homogenes Contrast-Enhancement beim Akustikusneurinom

Autor	Jahrgang	positives CE	homogenes CE	% Anteil
Naidich	1976	20	16	80
Kendall	1977	23	20	87
Parker	1977	55	47	85
Davis	1977	39	34	87
Gardeur	1978	9	6	67
Valavanis	1979	73	41	56
Totel		219	164	75

Weitere, allerdings seltener vorkommende, morphologische Erscheinungsformen des Akustikusneurinomes auf dem Postcontrast-Scan sind eine inhomogene und eine ringförmige Struktur.

Bei der inhomogenen Struktur handelt es sich um multiple, irregulär über das, ein positives Contrast-Enhancement aufweisende, Tumoreal verteilte hypodense Zonen (s. Abb. 14, 15, 16). Das inhomogene Contrast-Enhancement stellt die zweithäufigste morphologische Erscheinungsform des Akustikusneurinomes dar. Es wurde bei 36 % der Fälle dieser Studie und bei 30 % der in der Literatur erschienenen Fälle (s. Tab. 8) nachgewiesen. Die Ringstruktur stellte die seltenste Morphologie des Akustikusneurinomes dar (Abb. 11). Sie wurde bei 8 % der Fälle dieser Studie und bei 11 % der in der Literatur mitgeteilten Fälle festgestellt (s. Tab. 9).

Eine Korrelation des morphologischen Erscheinungsbildes des Akustikusneurinomes mit der Tumorgrösse wurde bis jetzt nicht mitgeteilt. Aus der Tabelle 3 geht jedoch hervor, dass mit zunehmender Tumorgrösse der Anteil der homogenen Tumoren stark abnimmt, wo hingegen derjenige der inhomogenen, bzw. der eine Ringstruktur aufweisenden, signifikant zunimmt. Innerhalb der grossen Akustikusneurinome kommt es sogar zu einem Ueberwiegen der inhomogenen Tumoren. 58 % der Tumoren der Gruppe der grossen Akustikusneurinome wiesen ein inhomogenes Contrast-Enhancement auf. Diese Befunde reflektieren die neuropathologisch zu erhebenden Veränderungen beim Akustikusneurinom.

Kleinere Akustikusneurinome weisen pathologisch-anatomisch

Tabelle 8:

Inhomogenes Contrast-Enhancement beim Akustikusneurinom

(Literaturzusammenstellung)

Autor	Jahr	Fälle mit pos. CE	Fälle mit inhom. CE	% Anteil
Naidich	1976	20	3	15
Gardeur	1978	9	2	22
Valavanis	1979	73	26	36
Total		102	31	30

Tabelle 9:

Ringförmiges Contrast-Enhancement beim Akustikusneurinom

(Literaturzusammenstellung)

Autor	Jahr	positives CE	ringförmiges CE	% Anteil
Naidich	1976	20	1	5
Kendall	1977	23	3	13
Parker	1977	55	8	14
Davis	1977	39	5	13
Gardeur	1978	9	1	11
Valavanis	1979	73	6	8
Total		219	24	11

eine feste, nahezu homogene Schnittfläche auf und bestehen histologisch ausschliesslich aus sogenanntem Antoni-A-Typ von Gewebe. Beim Antoni Typ A handelt es sich um ein kompakt gebautes Gewebe, bestehend aus regelmässig gebündelten, elongierten, spindelförmigen Zellen, welche einen relativ grossen Kern sowie zur Längsachse der Zelle parallel verlaufende Fasern aufweisen. Die Vaskularisation dieses Gewebes ist nicht ausgeprägt und die Gefässe weisen keine degenerative Veränderungen auf (DYKSTRA, 1964, CERVOS-NAVARRO et al., 1968, RUBINSTEIN, 1972). Es liegt somit nahe anzunehmen, dass dieses gleichmässige, kompakte Bauprinzip der Neurinome computer-tomographisch durch eine homogene Struktur bzw. durch ein homogenes Contrast-Enhancement wiedergegeben wird.

Durch das weitere Wachstum des Tumors finden Veränderungen im Tumorgewebe statt, welche unter der Bezeichnung Antoni-Typ B-Gewebe zusammengefasst werden. Diese entstehen vermutlich infolge der Kompression der an der Oberfläche des Tumors sowie der im Tumorrinneren gelegenen Gefässe, welche an der knöchernen Wand des inneren Gehörganges stattfindet (DYKSTRA, 1964). Daraus resultieren ischämische und degenerative Veränderungen (DYKSTRA, 1964). Histologisch findet man dabei:

1. Vaskuläre Veränderungen im Sinne von Nekrosen des Endothels und des perivaskulären Gewebes, Thrombose, aneurysmatische Erweiterungen multipler Gefässe und Blutungsherde.
2. Degenerative Veränderungen des neoplastischen Gewebes, im Sinne von intracellulärem Oedem, mikrozystischen Verände-

rungen, Bildung von grösseren Zysten, Zellkernuntergang, Verdichtung der retikulären Fasern und gelegentlich Verkalkungsherde (DYKSTRA, 1964, RUBINSTEIN, 1972). Selten ist der gesamte Tumor im Sinne einer grossen Zyste umgewandelt (RUBINSTEIN, 1972).

Aufgrund dieser pathologisch-anatomischen Veränderungen wird verständlich, wieso das grosse Akustikusneurinom in der Mehrzahl der Fälle ein inhomogenes, bzw. wenn auch seltener ein ringförmiges Contrast-Enhancement aufweist. Die Ursache dafür liegt in dem bei grösseren Akustikusneurinomen vorhandenen Antoni Typ B von Gewebe. Zum inhomogenen morphologischen Erscheinungsbild nach Kontrastmittel-Applikation tragen vorwiegend diejenigen pathologische Veränderungen bei, welche durch ein Fehlen des Contrast-Enhancement gekennzeichnet sind. Es sind dies: die mikrozystischen sowie die grosszystischen Veränderungen, die fettige Degeneration, das Oedem und die perivaskulären Nekrosezonen. Sämtliche dieser Faktoren müssen zu einer erniedrigten Dichte des Tumors auf dem Nativscan beitragen (NEW and SCOTT, 1975, RAYBAND, 1979). Da sie auch kein Contrast-Enhancement aufweisen können (fehlende Vaskularisation dieser Areale), erscheinen sie als hypodense Bezirke innerhalb des restlichen, kontrast-verstärkten Tumorgewebes.

Diese Faktoren können auch den hohen Anteil von primär hypodensen Tumoren auf dem Nativscan erklären (s. oben). Aus diesen Feststellungen geht hervor, dass das computer-tomographische Bild des Akustikusneurinomes zuverlässige Rückschlüsse auf den makroskopischen und mikroskopischen Aufbau des Tumors erlaubt. Zur exakten Beurteilung dieser Zusammenhänge sind

jedoch korrelierende, radiologisch-pathologische Untersuchungen nötig.

Der Mechanismus des Contrast-Enhancement beim Akustikusneurinom wurde bis jetzt nicht speziell untersucht. Wie jedoch für andere Tumorformen durch klinische und experimentelle Untersuchungen bewiesen wurde (GADO et al., 1975, GADO et al., 1975, NEW, 1975, GADO et al., 1977), muss auch für das Akustikusneurinom angenommen werden, dass das Contrast-Enhancement auf zwei Komponenten beruht: einer intra- und einer extravaskulären. HANDA konnte zeigen, dass bei einem Fall von Akustikusneurinom der Jodindex mehr als 100 % betrug (HANDA et al., 1978). Da der Jodindex als der Quotient von Jodgehalt des Gewebes zu Jodgehalt des Blutes definiert ist (HANDA et al., 1978), kann dieser hohe Wert durch eine rein intravaskuläre Verteilung des Kontrastmittels nicht erklärt werden. Es muss also eine zusätzliche, extravaskuläre, interstitielle, im Tumorgewebe stattfindende Verteilung des Kontrastmittels angenommen werden. Bei intraaxialen Tumoren spielt die gestörte Bluthirnschranke der pathologischen Tumorgefäße eine entscheidende ursächliche Rolle für die Extravasation des Kontrastmittels aus dem vaskulären Raum ins extravaskuläre Gewebe (GADO et al., 1977). Da jedoch das Akustikusneurinom einen extraaxialen Tumor darstellt, besitzen seine Gefäße keine Bluthirnschranke. Der Kontrastmittelaustritt beim Akustikusneurinom findet wahrscheinlich durch intakte Gefäßwände statt, wie dies auch bei verschiedenen parenchymatösen Organen der Fall ist (KORMANO and DEAN, 1976). Darüber hinaus, wird jedoch der Kontrastmittelaustritt durch die geschädigten Gefäßwände (Endothel-Nekrose) des Antoni-Typ-B-Gewebes erleichtert.

Ein weiteres charakteristisches Merkmal des Kontrast-Enhancement des Akustikusneurinomes ist dessen zeitlicher Ablauf. Mehrere Autoren (HATAM et al., 1975, LEVANDER et al., 1978, HATAM et al., 1978, LANGE et al., 1979), haben die Dichtewerte des Akustikusneurinomes nach i.v.-Kontrastmittel-Applikation in Abhängigkeit von der Zeit untersucht. Uebereinstimmend wurde dabei festgestellt, dass das Contrast-Enhancement beim Akustikusneurinom durch eine initiale Phase der rasch zunehmenden Dichte, bis hohe Dichtewerte erreicht worden sind, gefolgt von einer zweiten Phase ebenfalls relativ rasch abnehmender Dichtewerte gekennzeichnet ist. Man kann hier von einer raschen Anflutungs- und relativ raschen Eliminationsphase sprechen (LANGE et al., 1979). Der Maximalwert der Dichtewerte wird zwischen den ersten 10 bis 15 Minuten erreicht. Innerhalb höchstens einer Stunde sinken die Dichtewerte wieder auf ihren Ausgangswert vor der intravenösen Kontrastmittel-Applikation zurück. Auch die von uns durchgeführten Zeitstudien an 4 Akustikusneurinomen stehen in Uebereinstimmung mit den erwähnten Resultaten. Der sehr rasche Anstieg der Dichtewerte innert weniger Minuten, sowie die kurze Anflutungszeit des Kontrastmittels im Tumor, nach der Kontrastmittel-Applikation, muss auf einen reinen intravasalen Jodgehalt zurückgeführt werden. Die ebenfalls schnell, jedoch nicht so rapid wie die Anflutungsphase, ablaufende Eliminationsphase ist durch das Mitwirken sowohl einer intra- als auch einer extravaskulären Komponente zu erklären. Allerdings muss beim Akustikusneurinom angenommen werden, dass die extravaskuläre Komponente einen relativ kleinen Anteil des Contrast-Enhancements ausmacht, da die Eliminationsphase ebenfalls relativ rasch abläuft, sodass die Verlaufskurve des Kontrast-Enhancement annähernd parallel zu derjenigen des Blutjodgehaltes verläuft (NORMAN et al., 1978).

Zwei praktische Konsequenzen können aus diesen Beobachtungen gefolgert werden:

1. Da die maximale Dichtewerte des Akustikusneurinomes in-
nert weniger Minuten nach Verabreichung des Kontrastmit-
tels erreicht werden, muss die Untersuchung, um vor al-
lem auch kleinere Akustikusneurinome, aufgrund der Dif-
ferenz der Dichtewerte vom umgebenden cerebellären Pa-
renchym, erfassen zu können, so schnell wie möglich nach
der Kontrastmittel-Applikation begonnen werden. Ein un-
nötiges Verstreichen der Zeit, kann dazu führen, dass
der Tumor zu einem Zeitpunkt gescant wird, wo sich der
Dichtewert des Tumors bereits demjenigen des Hirnparen-
chyms genähert hat, sodass er sich vom letzteren nicht
mehr unterscheiden lässt. In der Tat, wurden bei 2 Fällen
der vorliegenden Studie, wo initial der Untersuchungsbe-
ginn, wegen Unwohlsein der Patientin als Folge der Kon-
trastmittel-Applikation verzögert wurde und kein Akusti-
kusneurinom nachweisbar war, durch Wiederholung der Kon-
trastmittel-Applikation und sofortigem Untersuchungsbe-
ginn 2 kleine Akustikusneurinome nachgewiesen.
2. Der Kurvenverlauf des Contrast-Enhancement kann differen-
tial-diagnostisch ausgenutzt werden. Wie weiter unten be-
sprochen wird, können gelegentlich Kleinhirnbrückenwin-
kel-Meningeome zu differential-diagnostischen Schwierig-
keiten gegenüber dem Akustikusneurinom führen. Meninge-
ome sind jedoch, obwohl sie eine dem Neurinom ähnliche,
rasche Anflutungsphase aufweisen, durch eine langsamere
Eliminationsphase charakterisiert (LEWANDER et al., 1978).

Zwei Nachteile der Bestimmung des Kurvenverlaufes müssen

jedoch hervorgehoben werden:

a) die relativ grosse Variationsbreite der individuellen Kurvenformen (HATAM et al., 1978) und

b) der relativ grosse zeitliche Aufwand.

Diese beiden Faktoren beschränken somit die differentialdiagnostische Bedeutung der Bestimmung des Kurvenverlaufes des Contrast-Enhancement beim Akustikusneurinom.

Neben den beschriebenen morphologischen Charakteristika weisen Akustikusneurinome typischerweise eine scharfe Begrenzung auf dem Postkontrastscan auf. Scharfe Tumorränder wurden bei sämtlichen Akustikusneurinomen der vorliegenden Studie festgestellt und dies steht in Uebereinstimmung mit den in der Literatur erwähnten Befunden (NAIDICH et al., 1976, GARDEUR et al., 1978).

Die scharfe Begrenzung des Akustikusneurinomes muss allerdings als ein unspezifisches Zeichen gewertet werden, da sie bei den meisten extraaxialen Tumoren der hinteren Schädelgrube angetroffen wird (NAIDICH et al., 1977).

Die Form des Akustikusneurinomes auf dem Computer-Tomogramm ist typischerweise rund. 80 % der Fälle dieser Studie und 92 % der Fälle von MOELLER (MOELLER et al., 1978), wiesen eine rundliche Konfiguration auf. Dies im Gegensatz zu den Meningeomen des Kleinhirnbrückenwinkels, welche in der Mehrheit der Fälle eine ovale Konfiguration aufweisen (VALAVANIS, 1979, MOELLER, 1978). Somit kann die Tumorform zu den spezifischen diagnostischen Zeichen des Akustikusneurinomes hinzugezählt werden. Allerdings muss jedoch betont werden, dass mit zunehmender Grösse des Tumors eine ovale Konfiguration etwas häufiger anzutreffen ist. So betrug der Anteil der oval konfigurierten Akustikusneurinome innerhalb der Gruppe der grossen Tumoren 38 % im Gegensatz zu demjenigen der Gruppe der mittelgrossen und kleinen Akustikusneurinome mit 17, respektiv 4 %.

Der laterale Rand des Akustikusneurinomes steht in Kontakt mit der Rückwand des Felsenbeines. Dieser Befund wird konstant bei jedem Akustikusneurinom nachgewiesen (NAIDICH et

al., 1977). Dennoch kann dieses Zeichen nicht als spezifisch für das Akustikusneurinom betrachtet werden. Es wird bei den meisten Prozessen des Kleinhirnbrückenwinkels nachgewiesen (NAIDICH et al., 1977). Wie oben beschrieben, stellt es somit ein bewährtes Kriterium für die Feststellung des extra-axialen Ursprunges von Tumoren der hinteren Schädelgrube dar.

Die Analyse des Materials der vorliegenden Studie ergab jedoch 2 weitere Kriterien, welche von differential-diagnostischer Bedeutung sein könnten:

1. Ist die Kontaktfläche zwischen Tumorrand und Knochen klein, sodass das morphologische Bild einem Kreis, der von einer Tangente berührt wird ähnelt. Zur Beschreibung dieser Form des Kontaktes zwischen Akustikusneurinom und Felsenbein könnte man den Begriff tangentielle Berührung anwenden.
2. Ist der Winkel, welcher von der antero- und/oder posterolateralen Tumorbegrenzung und der ipsilateralen Rückwand des Felsenbeines gebildet wird, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle (85 % der Fälle dieser Studie) spitz (Abb. 16). Diesen Winkel bezeichne ich den "Tumorknochenwinkel" (TKW). Ein stumpfer TKW wurde nur bei den 11 kleinsten Neurinomen dieser Studie festgestellt (Abb. 17). Die Erklärung für dieses diskrepante Verhalten des TKW zwischen den kleinen und grösseren Akustikusneurinomen, ist von der Wachstumsart des Akustikusneurinomes abhängig: Das Akustikusneurinom nimmt, mit wenigen Ausnahmen, seinen Ursprung vom inneren Gehörgang (SKINNER, 1928). Von dort aus wächst es in Richtung des Kleinhirnbrückenwinkels vor. Sobald es dann

in den Kleinhirnbrückenwinkel hinausragt, nimmt es eine sphärische Form an. Daraus wird ersichtlich, dass der TKW des bereits eine sphärische Form angenommenen Akustikusneurinomes spitz sein muss. Während jedoch der Wachstumsphase, welche von Beginn des Hinausragens bis zur sphärischen Formwandlung dauert, ist der sich aus dem Meatus vorwölbende mediale Tumorrand noch flach-konvex konfiguriert. Somit muss auch der TKW in diesem Stadium des Wachstums des Akustikusneurinomes stumpf sein.

Im Gegensatz zum Akustikusneurinom, welches, mit Ausnahme der kleinen Tumoren, charakteristischerweise einen spitzen TKW aufweist, liess sich bei der überwiegenden Mehrzahl der von uns untersuchten Meningeome (VALAVANIS et al., 1980) ein stumpfer TKW feststellen. Somit erlangt die Bestimmung des TKW eine differentialdiagnostische Bedeutung, was die Differenzierung eines Akustikusneurinomes von einem Meningeom des Kleinhirnbrückenwinkels betrifft.

Mit der Zunahme der Tumogrösse kommt es auch zu einem häufiger nachzuweisenden Kontakt des antero-lateralen Tumorrandes zu dem ipsilateralen freien Tentoriumrand (53 % der grossen Akustikusneurinome dieser Studie). Der Nachweis dieses Befundes deutet auf die beginnende, beziehungsweise bereits eingesetzte Ausdehnung des Tumors in die Incisura tentorii hin. Eine weitere Bedeutung dieses Befundes dürfte darin liegen, dass er auch auf eine Versorgung des Tumors durch tentorielle Gefässe hinweist. Zur Bestätigung dieser Hypothese sind allerdings korrelierende computer-tomographische-angiographische Untersuchungen nötig.

Ein, den Tumor umgebender hypodenser Saum, wurde bei 48 % der Fälle beobachtet. Die meisten Autoren führen diese computer-tomographisch nachweisbare Veränderung auf ein perifokales, bzw. peritumorales Oedem zurück (NAIDICH et al., 1977, GARDEUR et al., 1978). Von wenigen Autoren wurde allerdings die Auffassung vertreten, dass es sich bei diesem hypodensen, peritumoral lokalisierten Saum, um eine durch die Druckwirkung des Tumors auf das cerebelläre Parenchym entstandene Atrophie handelt (NAIDICH et al., 1977).

Es ist jedoch wahrscheinlicher, dass es sich dabei tatsächlich um perifokales Oedem handelt, da bekannt ist, dass auch Akustikusneurinome - wie die meisten intracraniellen Tumoren - und zwar sowohl intra- als auch extrazerebrale, von einem Oedem begleitet werden (RUBINSTEIN, 1972). Es handelt sich dabei um ein sogenanntes vasogenes Oedem (RUBINSTEIN, 1972), welches durch eine Störung der Kapillarenpermeabilität entsteht. Durch die Extravasation von Proteinen, Flüssigkeit und anderen Substanzen, kommt es so zu einer Vergrößerung des extrazellulären Raumes der weissen Substanz und somit zu einer Schwellung der Astrozyten in der weissen Substanz (RUBINSTEIN, 1972). Das vasogen entstehende perifokale Oedem bei intracraniellen Tumoren, stellt somit ein Phänomen der weissen Substanz dar. Die exakte Lokalisation des computer-tomographisch nachweisbaren hypodensen Saumes bezüglich weisser oder grauer Substanz der ipsilateralen Kleinhirnhemisphäre, ist sehr schwierig. MARAVILLA konnte zeigen, dass unter Anwendung von dünnen Schichten die weisse Substanz der Kleinhirnhemisphären in 94 % der Fälle nachweisbar ist. Dieser Prozentsatz lässt sich sogar auf 98,3 % erhöhen, wenn intravenös Kontrastmittel appliziert wird (MARAVILLA et al., 1978). Die weisse Substanz des

Kleinhirnes, auch Corpus medullaris genannt, ist eine kompakte ovoide Struktur, welche tief in der Kleinhirnhemisphäre auf beiden Seiten des 4. Ventrikels gelegen ist. Aus ihr strahlen feine Ausläufer, auch Arbor vitae genannt, im cerebellären Cortex ein. Letztere können mit dem jetzigen Stand des Auflösungsvermögens der Computer-Tomographie nicht nachgewiesen werden. Die zentrale weisse Substanz des Cerebellums konnte regelmässig auf der zum Tumor kontralateralen Kleinhirnhemisphäre unserer Fälle nachgewiesen werden. Auf der zum Tumor ipsilateralen Seite war es allerdings häufig schwierig, wegen der dort stattfindenden Deformation der Kleinhirnhemisphäre aufgrund der raumfordernden Wirkung des Tumors, die zerebelläre weisse Substanz nachzuweisen.

Es ist möglich, dass durch Volumenzunahme der weissen Substanz, welche aufgrund des perifokalen Oedems stattfindet und durch die vom Tumor herrührende raumfordernde Wirkung auf die Kleinhirnhemisphäre mit konsekutiver Deformation der anatomischen Strukturen, die weisse Substanz sich um den Tumor anordnet und so auf dem Computer-Tomogramm als ein hypodenser Saum zum Vorschein tritt.

Es ist auch bekannt, dass mit Zunahme der Grösse des Tumors das peritumorale Oedem an Ausdehnung zunimmt. Auch die Analyse des Materials dieser Studie zeigt, dass das perifokale Oedem am häufigsten und auch am ausgeprägtesten bei der Gruppe der grösseren Akustikusneurinome nachzuweisen war. Diese letzte Beobachtung spricht auch für das Vorliegen eines perifokalen Oedems und gegen das Vorliegen einer Atrophie beim Akustikusneurinom.

In der Tabelle 10 wurde die Häufigkeit des Nachweises des perifokalen Oedems beim Akustikusneurinom aufgrund der ei-

Tabelle 10:

Perifokales Oedem beim Akustikusneurinom

(Literaturzusammenstellung)

Autor	Jahr	Anz. Fälle	Perifokales Oedem	Prozentualer Anteil
Kazner	1976	53	16	30 %
Naidich	1976	20	5	25 %
Gyldensted	1976	11	2	18 %
Parker	1977	55	6	11 %
Kendall	1977	31	11	36 %
Gardeur	1978	10	4	40 %
Möller	1978	36	16	44 %
Valavanis	1979	73	24	33 %
T o t a l		289	84	33 %

genen Fälle sowie der in der Literatur berichteten Fälle zusammengestellt. Daraus geht hervor, dass weniger als die Hälfte der Akustikusneurinome (im Mittel 33 %) ein perifokales Oedem aufweisen. Das perifokale Oedem beim Akustikusneurinom stellt somit einen nicht allzu häufigen Befund dar. Es muss auch als unspezifisch betrachtet werden, da es auch bei anderen Kleinhirnbrückenwinkelprozessen nachgewiesen wird.

Der Nachweis eines zum Tumor ipsilateral erweiterten inneren Gehörganges stellt das klassische radiologische Kriterium für die Diagnose des Akustikusneurinomes dar. Bereits GRUBER hat im Jahre 1888, also vor der Entdeckung der Röntgenstrahlen, auf die Erweiterung des inneren Gehörganges durch Akustikusneurinome hingewiesen. Er schreibt:

"Dass an ihr (der Nervenscheide des Akustikus) Neubildungen vorkommen, wurde schon früher erwähnt. Diese sind es zumeist, welche Ektasien des Meatus auditorius erzeugen. In meiner Sammlung befinden sich Schläfenbeine mit so hochgradigen Erweiterungen des inneren Gehörganges, dass der Zeigefinger in denselben eingeführt werden kann" (GRUBER, 1888).

Auch VIRCHOW konnte diesen Befund erheben
(zit. n. HENSCHEN, 1912).

Es ist jedoch dem schwedischen Arzt Volke HENSCHEN zuzuschreiben, den ersten radiologischen Nachweis eines erweiterten inneren Gehörganges bei einem Fall von Akustikusneurinom vollbracht zu haben (HENSCHEN, 1912). Gestützt auf die oben erwähnten Beobachtungen GRUBER'S und VIRCHOW'S sowie auf eigene Untersuchungen an Sektionen von Felsenbeinpyramiden, hat er an einem Vortrag in der Gesellschaft der schwedischen Aerzte am 8. März 1910 die Vermutung ausgesprochen: "Dass man eben aus dieser Eigenschaft der Akustikustumoren, dass sie den inneren Gehörgang erweitern, einen direkten diagnostischen Nutzen würde ziehen können, und zwar durch radiographischen Nachweis der Knochenveränderungen" (HENSCHEN, 1912). Erst ein Jahr später hatte er die Gelegen-

heit, einen Patienten mit klinischem Verdacht auf Akustikusneurinom zu untersuchen gehabt. Die radiologische Untersuchung ergab folgenden Befund: "Der Porus akustikus internus der linken Seite hatte einen Durchmesser von 5 mm, der Porus der rechten Seite 2,5 - 3 mm. Der Knochen um den inneren Gehörgang ist links erheblich dünner als rechts und die Zeichnung desselben ist links beträchtlich lockerer als rechts". Die anschliessend durchgeführte Operation bestätigte dann die radiologische Diagnose eines linksseitigen Akustikusneurinomes (HENSCHEN, 1912).

Somit konnte HENSCHEN folgendes Postulat aufstellen: "Das aus radiologischem Gesichtspunkt Interessante besteht nun darin, dass diese echten Akustikustumoren den inneren Gehörgang erheblich erweitern und dass diese Erweiterung radiographisch darstellbar sein kann" (HENSCHEN, 1912).

Dieses HENSCHEN'SCHE Postulat hat sich in der Folgezeit voll bestätigt. Der Nachweis eines erweiterten inneren Gehörganges ist von zentraler Bedeutung in der radiologischen Diagnostik des Akustikusneurinomes (VALVASSORI, 1969).

Zu diesem Zwecke wurde eine relativ grosse Zahl von Einstellungstechniken entwickelt. Als zuverlässigste haben sich folgende erwiesen:

1. Die orbitale Vergleichsaufnahme nach Schüller (SCHUELLER, 1928), wobei bei occipitofrontalem Strahlengang sich die Pyramiden in den oberen Anteil der Orbita projizieren. Da bei dieser Einstellung die inneren Gehörgänge paral-

lel zur Filmebene verlaufen, wird deren Länge exakt wiedergegeben.

2. Die Felsenbeinspezialaufnahme in p.a.-Projektion nach Stenvers (STENVERS, 1928). Dabei verläuft die Längsachse der Pyramide parallel zur Filmebene, sodass der innere Gehörgang, dessen Achse in der Frontalebene verläuft, verkürzt erscheint. Dafür werden der Fundus sowie der Meatus akustikus besonders gut dargestellt.
3. Die a.p.-Tomographie des Felsenbeines, wobei der innere Gehörgang in seiner vollen Länge zur Darstellung gelangt (VALVASSORI, 1961).
4. Die seitliche Tomographie des Felsenbeines, welche eine exakte Beurteilung der corticalen Umrandung des inneren Gehörganges gestattet (VALVASSORI, 1961).

VALVASSORI hat Kriterien aufgestellt, mit deren Hilfe pathologisch veränderte innere Gehörgänge erfasst werden können (VALVASSORI, 1961). Diese sind:

1. Arrosion der corticalen Umrandung des inneren Gehörganges,
2. Erweiterung von 2 oder mehr Millimeter, irgendeiner Stelle des inneren Gehörganges, verglichen mit dem korrespondieren-

den Segment der Gegenseite.

3. Verkürzung der Hinterwand des inneren Gehörganges um mindestens 3 mm, verglichen mit der Gegenseite.
4. Lokalisation der Crista falciformis näher zum Boden als zum Dach des inneren Gehörganges.

Aufgrund dieser Kriterien konnte VALVASSORI in 78 % seiner operativ bestätigten Fälle von Akustikusneurinomen die radiologische Diagnose des Akustikusneurinomes mit Hilfe der konventionellen Tomographie erbringen.

Auch die Computertomographie ist imstande, ossäre Strukturen abzubilden. Zwei Faktoren sind jedoch dabei von besonderer Bedeutung:

1. Ist das räumliche Auflösungsvermögen der Computertomographie kleiner im Vergleich zu dem der konventionellen Radiologie, so dass diskrete ossäre Veränderungen, zumindest visuell, nicht erfasst werden können und
2. erfordert die Beurteilung von ossären Strukturen im Computertomogramm die Verwendung eines hohen Fensters mit relativ grosser Fensterbreite. Bei diesen Fenstereinstellungen ist die Beurteilung von parenchymatösen und anderen Strukturen nicht mehr möglich. Daraus

folgt, dass die Beurteilung des Tumorgewebes und weiterer parenchymaler Veränderungen einerseits und des Felsenbeines, einschliesslich des inneren Gehörganges andererseits getrennt, d.h. mit verschiedenen Fenstereinstellungen, erfolgen müssen.

Für die computertomographische Darstellung des inneren Gehörganges ist ferner die Untersuchungstechnik von ausschlaggebender Bedeutung. Da die computertomographische Untersuchungsebene axial durch das Felsenbein verläuft, sind zwei Faktoren besonders wichtig für die adaequate Darstellung des inneren Gehörganges:

1. Die Schichtdicke und
2. der vertikale Durchmesser des Meatus.

Verschiedene Autoren haben exakte Angaben über den vertikalen Meatusdurchmesser angegeben (CAMP and CILLEY, 1939, GRAF, 1952, EBENIUS, 1954, VALVASSORI, 1964). Es folgt daraus, dass die Extremwerte mit einem Minimalwert von 2 mm (VALVASSORI, 1964) und einem Maximalwert von 11 mm (CAMP und CILLEY, 1939) angegeben sind. Der Mittelwert des vertikalen Durchmessers des Meatus wird dabei, je nach Autor, mit 4 mm (VALVASSORI, 1964), 6,3 mm (EBENIUS, 1934), 5,23 mm CAMP and CILLEY, 1939), 4,7 mm (GRAF, 1952), bzw. 5 mm (GRAF, 1952) angegeben. Daraus geht hervor, dass unter Anwendung der gewöhnlichen Schichtdicke von 13 mm, wegen des unweigerlich dann auftretenden sogenannten partiellen Volumenphänomens, der innere Gehörgang entweder überhaupt nicht, oder nur inadaequat und somit unbeurteilbar zur Darstellung gelangt. Da der vertikale Durchmesser nur einen Teil der

computertomographischen Schichtdicke ausmacht, diese somit nicht vollständig ausfüllt, werden in dieser Schicht noch Anteile des darüber, bzw. darunter gelegenen Os petrosum eingeschlossen. Auf dem resultierenden Computertomogramm erscheint somit nicht der Dichtewert des Gehörganges, sondern vielmehr der Mittelwert von den Dichtewerten des inneren Gehörganges und des noch eingeschlossenen Knochengewebes (Prinzip des partiellen Volumenphänomens LIM und SAGE, 1977.) Eine exakte Abbildung des inneren Gehörganges ist somit nicht möglich.

Der Einfluss dieses störenden Phänomens kann durch Anwendung von dünnen Schichten reduziert, bzw. aufgehoben werden. Werden nämlich Schichtdicken von 5 mm Dicke angewendet, so ist zu erwarten, dass die computertomographischen Schichten fast oder nur ausschliesslich den im Durchschnitt ebenfalls nahezu 5 mm messenden vertikalen Durchmesser des inneren Gehörganges einschliessen. Folglich wird er voll und adäquat auf dem Computertomogramm zur Darstellung gelangen.

In der Tat waren auch nur 18 % der inneren Gehörgänge unseres Materials auf den mit einer Schichtdicke von 13 mm durchgeführten computertomographischen Untersuchungen zuverlässig beurteilbar. Dieser Prozentsatz stieg auf 100 %, wenn 5 mm dünne Schichten verwendet wurden.

Bei der in axialer Richtung durchgeführten computertomographischen Untersuchung kann nur der horizontale Durchmesser des inneren Gehörganges gemessen werden. Um die Zuverlässigkeit der computertomographischen Messung des horizontalen Durchmessers des inneren Gehörganges zu bestimmen, wurden 65 normale innere Gehörgänge diesbezüglich auf dem Computertomogramm gemessen und mit den in der Literatur erschiene-

nen entsprechenden Werten, welche auf pathologischen Schnittpräparaten und auf Röntgenaufnahmen gemessen wurden, verglichen.

Der Maximalwert unserer Messungen betrug 8,7 mm, der Minimalwert 2,3 mm und der errechnete Durchschnittswert 4,78 mm (s. Tabelle 11). EBENIUS hat anhand eines Materials von 100 Schädelpräparaten Röntgenaufnahmen in axialer Projektion durchgeführt und den horizontalen Durchmesser des Meatus gemessen (EBENIUS, 1934). Er fand Werte zwischen 4 und 8 mm bei einem Durchschnittswert von 5,7 mm. Allerdings beträgt der Vergrößerungsfaktor dabei 25 %. Rechnet man diese Werte, unter Berücksichtigung des Vergrößerungsfaktors um, so bekommt man folgende reelle Werte: Maximalwert 6,4 mm, Minimalwert 3,2 mm und Durchschnittswert 4,56 mm.

Auch GRAF hat Messungen des horizontalen Durchmessers des inneren Gehörganges durchgeführt (GRAF, 1952). Er hat diesen Durchmesser an 60 horizontalen histologischen Schnitten durch den inneren Gehörgang ermittelt. Dabei schwankte der horizontale Durchmesser zwischen 3 und 5 mm, bei einem Durchschnittswert von 4 mm. In der Tabelle 11 sind diese Resultate zusammengefasst. Aus dem Vergleich geht hervor, dass die computertomographisch erhobenen Werte in Uebereinstimmung mit den früher radiologisch und histologisch errechneten Werten stehen. Es kann somit der Schluss gezogen werden, dass die Computertomographie auf zuverlässige Weise die Messung der Weite des inneren Gehörganges ermöglicht.

Der computertomographische Nachweis eines pathologisch erweiterten inneren Gehörganges kann bei ausgeprägten Fällen durch den visuellen Vergleich mit der Gegenseite erfolgen.

Tabelle 11:

Der horizontale Durchmesser des inneren Gehörganges

(Literaturvergleich)

	Ebenius, 1934 (röntgenolo- gisch) 100 Fälle	Graf, 1952 (histolo- gisch) 60 Fälle	Valavanis, 1979 (computer-tomo- graphisch) 65 Fälle
Minimalwert	3,2 mm	3,0 mm	2,3 mm
Maximalwert	6,4 mm	5,0 mm	8,7 mm
Durchschnittswert	4,56 mm	4,0 mm	4,78 mm

Dieses Vorgehen ist jedoch unzuverlässig, insbesondere wenn nur diskrete Veränderungen vorliegen. Die vergleichende Messung und Bestimmung der Differenz zwischen den horizontalen Durchmessern beider Gehörgänge auf dem vergrösserten und mit besonders hoher Fensterhöhe und grosser Fensterbreite eingestelltem computertomographischen Bild, hat sich als besonders zuverlässig erwiesen (Abb. 7, 8). Als Grenze für die Differenz beider Gehörgänge wurde der von VALVASSORI angegebene Wert von 2 mm verwendet (VALVASSORI, 1969). Es muss jedoch betont werden, dass sich dieser Wert auf den vertikalen Durchmesser des inneren Gehörganges bezieht. Aus folgenden Gründen wurde er auch für den computertomographischen Nachweis des pathologisch erweiterten inneren Gehörganges beibehalten:

1. Unterscheidet sich der vertikale vom horizontalen Durchmesser, wie die Untersuchungen von VALVASSORI, GRAF und EBENIUS zeigen (siehe oben), nur unwesentlich voneinander.
2. Kann angenommen werden, dass die vom Tumor auf den Knochen einwirkende raumfordernde Wirkung, sich, wegen des rundlich bis oval im Querschnitt konfigurierten inneren Gehörganges, gleichmässig über die Poruszirkumferenz verteilt, sodass die resultierende Erweiterung des Porus beide Durchmesser (vertikalen und horizontalen) im gleichen Masse betrifft.
3. Stellt der Grenzwert von 2 mm ein interna-

tional anerkanntes und weit verbreitetes Mass für die Bestimmung einer pathologischen Porusdifferenz dar.

Eine pathologische Porusdifferenz von mehr als 2 mm wurde bei 86 % der Fälle der vorliegenden Studie festgestellt. Auf die Bedeutung des Nachweises eines pathologisch erweiterten inneren Gehörganges haben wir bereits früher hingewiesen (SCHUBIGER, et al., 1977, VALAVANIS et al., 1978). Inzwischen wurde auch von anderen Autoren auf diese Tatsache hingewiesen (GARDEUR et al., 1978, ROBBINS et al., 1978, HATAM et al., 1978, HATAM et al., 1979).

In der Tabelle 12 wurden die in der Literatur erschienenen Prozentsätze des computertomographischen Nachweises eines pathologisch erweiterten inneren Gehörganges beim Akustikusneurinom zusammengestellt. Es geht daraus hervor, dass die Computertomographie in nahezu 80 % der Fälle diesen hoch spezifischen und diagnostisch ausschlaggebenden Befund nachweisen kann. Diese Aussage findet auch ihre Bestätigung durch den Vergleich der Nachweisbarkeit des pathologisch erweiterten inneren Gehörganges mittels der konventionellen Röntgendiagnostik und der Computertomographie. Zu diesem Zwecke wurden in der Tabelle 13 sämtliche, bis jetzt in der Weltliteratur erschienenen grösseren Zusammenstellungen über dieses Thema aufgestellt.

Wie aus dieser Zusammenstellung zu entnehmen ist, schwanken die Werte zwischen 30 und 100 %. Der Durchschnittswert berechnet sich jedoch auf 73 %.

Die Computertomographie ist also mindestens so treffsicher im Nachweis des pathologisch erweiterten inneren Gehörgan-

Tabelle 12:

Computertomographischer Nachweis des erweiterten inneren Gehörganges

(Literaturzusammenstellung).

Autor	Jahr	Anzahl Fälle	Erweiterter innerer Ge- hörgang	% Anteil
Gardeur	1978	10	9	90
Robbins	1978	39	21	54
Hatam	1978	48	37	77
Valavanis	1979	67	55	86
Total		164	122	74

Tabelle 13:

Prozentualer Nachweis des pathologisch erweiterten inneren Gehörganges
mittels konventioneller Radiologie, einschliesslich der Tomographie

Autor	Jahr	Zahl untersuchter Akustikusneurinome	Prozentualer Nachweis eines erweiterten in- neren Gehörganges
List	1933	39	59
Ebenius	1934	34	80
Lassila	1937	43	90,7
Nielsen	1942	90	64,7
Olsen	1944	15	60
Gonzales 1	1947	114	45,6
Hodes	1949	122	84
Epstein	1950	21	30
Zannbauer	1952	95	80
Reichel 1	1952	57	65
Brown 1	1952	150	43
Lundborg 1	1952	296	84,8
Bernasconi	1952	20	80
Lévy	1953	32	82
Lindgren	1954	296	85
Graf 1	1955	92	93,5
Rausch	1956	133	80,5
Dalle Ore	1957	40	82
Pool, Pava	1957	122	45,5
Cecchini	1959	68	82,3
Schlunbaum	1959	66	83
Wackenheim	1962	57	94,7
Hambly	1964	53	87
Olivecrona	1967	351	84,6
Pool 2	1968	55	81,8
Pava 2	1968	27	70,4
Lapayowker	1969	28	100
Valvassori	1969	78	78
Ojemann	1972	48	82
Osborn	1975	64	84
30 Autoren		2'706	72,7

1 entnommen aus Canigiani, 1978.

2 entnommen aus Pool, Pava und Greenfield, 1970.

ges wie die konventionelle Röntgendiagnostik, einschliesslich der Tomographie.

Nach VALVASSORI ist die Tomographie zuverlässiger als die Uebersichtsaufnahmen sowie die Felsenbeinspezialaufnahmen zum Nachweis eines pathologisch veränderten inneren Gehörganges (VALVASSORI, 1969). Anhand der Analyse von 78 operativ bestätigten Fällen, konnte er die korrekte Diagnose in 78 % tomographisch, jedoch in nur 50 % konventionell radiologisch stellen (VALVASSORI, 1969). Es kann somit daraus gefolgert werden, dass die Computertomographie der konventionellen Radiologie (d.h. Schädelübersichtsaufnahmen, Stenversaufnahme), was den Nachweis eines pathologisch erweiterten inneren Gehörganges betrifft, mit einer durchschnittlichen Nachweisbarkeitsquote von 74 % deutlich überlegen ist.

Obwohl die Felsenbeintomographie und die Computertomographie ähnliche Nachweisquoten für die Erfassung einer Gehörgangserweiterung aufweisen, ist doch die Tomographie zuverlässiger als die Computertomographie, was den Nachweis von Demineralisationen sowie diskreten Arrosionen der Wände des inneren Gehörganges betrifft.

Neuerdings konnte jedoch HATAM durch histographische Untersuchungen zeigen, dass eine Demineralisation des den inneren Gehörgang angrenzenden Felsenbeines, auch computertomographisch nachgewiesen werden kann (HATAM et al., 1978). Indem er die histographische Kurve des pathologisch erweiterten inneren Gehörganges bei 23 Fällen von Akustikusneuriomen mit derjenigen der normalen Gegenseite verglich, konnte er zwei wichtige Unterscheidungsmerkmale feststellen:

Alle Kurven wiesen zwei Spitzen auf (je eine dem anterior und posterior des Meatus gelegenen Felsenbein entsprechend), welche durch ein tiefes Plateau getrennt waren (dem inneren Gehörgang entsprechend). Bei den pathologischen Fällen waren die Maximalwerte der beiden Spitzen signifikant niedriger als bei den normalen Fällen. Dies bedeutet, dass die Dichtewerte der dem Meatus angeschlossenen ossären Strukturen kleiner waren als auf der korrespondierenden Stelle der normalen Gegenseite. Dies stellt die quantitative Erfassung der durch den Tumor bedingten Demineralisation, der dem Meatus benachbarten ossären Strukturen dar. Auch war die Länge des tiefen Plateaus, welches die zwei Spitzen der Kurven trennt, auf der pathologischen Seite signifikant grösser als auf der normalen Seite. Dies stellt die quantitative Erfassung der Erweiterung des inneren Gehörganges dar (HATAM et al., 1979)

Die Analyse des eigenen Materials bezüglich Tumorgrösse und Nachweis eines pathologisch erweiterten inneren Gehörganges (s. Tab. 2), lässt zwei Schlussfolgerungen ziehen:

a) Das Vorliegen einer signifikanten Differenz zwischen dem Durchmesser des Meatus der kranken und der gesunden Seite, (d.h. von mehr als 2 mm), ist unabhängig von der Tumorgrösse.

b) Es lässt sich eine Beziehung zwischen dem Ausprägungsgrad der Porusdifferenz und der Tumorgrösse nachweisen. In der Gruppe der kleinen Akustikusneurinome betrug die durchschnittliche Porusdifferenz 3,34 mm, in der Gruppe der mittelgrossen Tumoren 3,65 mm und in der Gruppe der grossen Tumoren 4,03 mm.

Es ist bekannt, dass gelegentlich Akustikusneurinome ohne radiologischen Nachweis von Knochenveränderungen, speziell ohne Erweiterung des inneren Gehörganges einhergehen können (NAUNTON und PETASNICK, 1970). ELLIOT und MC KISSOCK kommen zum Schluss, dass ein normal weiter Meatus das Vorliegen eines Akustikusneurinomes nicht ausschliesst (ELLIOT und MC KISSOCK, 1954). Am wahrscheinlichsten handelt es sich dabei um Akustikusneurinome, welche ihren Ursprung von demjenigen Anteil des VIII Hirnnerven nehmen, welcher direkt am Eingang zum inneren Gehörgang oder innerhalb des Kleinhirnbrückenwinkels liegt (CRABTREE und HOUSE, 1964). Sie entsprechen somit dem sogenannten medialen Typ des Akustikusneurinomes oder auch Typ BRUNNER genannt (BRUNNER, 1935a und b). im Gegensatz zum klassischen und weitaus häufigeren lateralen Typ bzw. Typ HENSCHEN des Akustikusneurinomes, welcher seinen Ursprung innerhalb des inneren Gehörganges nimmt. Obwohl die Akustikusneurinome des medialen Typs, wegen den fehlenden Knochenveränderungen konventionell radiologisch nicht erfasst werden können, ist ein computertomographischer Nachweis, da sie primär den Kleinhirnbrückenwinkel befallen, ohne Schwierigkeiten möglich. GREHN und HELMS haben über 6 Patienten mit Symptomen, welche auf ein Akustikusneurinom hindeuteten berichtet und bei denen konventionell-tomographisch ein erweiterter innerer Gehörgang nachgewiesen wurde, das Vorliegen eines Akustikusneurinomes meatozisternographisch jedoch ausgeschlossen werden konnte (GREHN und HELMS, 1976). Dieses, vorher nicht beschriebene Syndrom, bezeichnen die Autoren als den erweiterten "leeren" inneren Gehörgang.

Es ist somit, wenn allerdings äusserst selten, möglich, dass ein normal weiter innerer Gehörgang mit einem Akusti-

kusneurinom und andererseits ein pathologisch erweiterter innerer Gehörgang ohne das Vorhandensein eines Akustikusneurinomes vorkommt. Im ersten Fall jedoch ist es nur mit Hilfe der Pantopaque-Meatozisternographie möglich, den "leeren", also kein Akustikusneurinom beinhaltenden inneren Gehörgang zu erfassen.

III. KOMPLIKATIONEN DES AKUSTIKUSNEURINOMES

Das Vorliegen eines Hydrocephalus internus obstructivus stellt eine wichtige präoperative Information für den Neurochirurgen dar, muss doch, wenn er besonders ausgeprägt ist, vor der geplanten Operation zur Exstirpation des Akustikusneurinomes, die Shuntoperation zur Verminderung der intracraniellen Drucksteigerung durchgeführt werden. Die Computer-Tomographie ist die Methode der Wahl zum Nachweis eines Hydrocephalus. Ein solcher lag bei 10 Fällen unseres Materials vor. Diese Fälle gehörten ausschliesslich zur Gruppe der grossen Akustikusneurinome.

Eine weitere Komplikation des Akustikusneurinomes stellt die transcisternale, supratentorielle Ausdehnung des Tumors dar. Deren präoperative Erfassung ist von besonderer Bedeutung für die Operationsplanung. Unsere Resultate zeigen, dass diese computertomographisch, im Gegensatz zu den anderen neuroradiologischen Untersuchungsmethoden, zuverlässig nachgewiesen werden kann (s. Tab. 2)(Abb. 9). Uebereinstimmend mit NAIDICH (NAIDICH et al, 1977), fanden wir als diagnostische Kriterien für die transzisternale, supratentorielle Ausdehnung des Tumors:

1. Die Deformation und die ipsilaterale Obliteration der Cisterna quadrigeminalis. Wenn dieses Zeichen allein vorhanden ist, stellt es einen zuverlässigen Hinweis für die beginnende transzisternale Tumorausdehnung oder die ascendierende Herniation des Vermis dar.

2. Die Mittelhirnrotation.
3. Die Obliteration des posterioren Anteiles des 3. Ventrikels.
4. Die antero-laterale Verlagerung des ipsilateralen Temporalhornes und
5. Den Nachweis von Tumorgewebe im supratentoriellen Raum, d.h. lateral des ipsilateralen freien Tentoriumrandes. Eine kommaförmige Tumorkonfiguration wird dabei als charakteristisch für die transzisternale supratentorielle Ausdehnung von Meningeomen angegeben (NAIDICH et al., 1977). In der Tat, keines der von uns untersuchten 5 Akustikusneurinome mit Zeichen der transzisternalen supratentoriellen Ausdehnung, wies diese Konfiguration auf. Im Gegensatz dazu konnten wir bei 3 von 8 Fällen von Kleinhirnbrückenwinkelmeningeomen mit Zeichen der transzisternalen supratentoriellen Tumorausdehnung, eine kommaförmige Tumorkonfiguration nachweisen (VALAVANIS, et al., 1980).

IV. DAS KLEINE AKUSTIKUSNEURINOM.

Die computer-tomographische Erfassung des kleinen Akustikusneurinomes weist eine besondere Problematik auf. Auf diese wurde bereits weiter oben kurz hingewiesen. Eine Einteilung der Akustikusneurinome nach deren Grösse und die durch radiologische Methoden präoperative Bestimmung der Grösse jedes Akustikusneurinomes, ist deswegen unerlässlich, weil dieser Parameter entscheidend für das auszuwählende operative Vorgehen ist (FISCH, 1978).

Von mehreren Autoren wurden verschiedene Grösseneinteilungen der Akustikusneurinome vorgeschlagen, bzw. eingeführt (s. Tab. 14):

1. Einteilung nach House (HOUSE, 1968):

- a) klein: intrakanalikulär.
- b) mittelgross: Ausdehnung des Tumors im Kleinhirnbrückenwinkel ohne Symptome von anderen Hirnnerven.
- c) gross: Ausdehnung des Tumors im Kleinhirnbrückenwinkel mit Symptomen von anderen Hirnnerven und/oder des Kleinhirns oder gesteigerter intracranieller Druck.

2. Einteilung nach Pool und Parva (1970):

- a) sehr klein: intrakanalikulär oder Ausdehnung im Kleinhirnbrückenwinkel bis zu 1 cm.
- b) klein: Ausdehnung im Kleinhirnbrückenwinkel

Tabelle 14: Grösseneinteilung der Akustikusneurinome nach verschiedenen Autoren und der für jede Grösse adäquate operative Zugang.

Grösse des Akustikusneurinoms	House (1968)	Pool und Pava (1970)	Fisch (1974)	Yasargil (1979)	operativer Zugang
klein	intrameatal	bis zu 1 cm im KHBW	intrameatal	Tumor $\emptyset$ bis 1 cm	transtemporal
mittelgross	Ausdehnung im KHBW nur otolog. Sympt.	Ausdehnung im KHBW von 1 - 2 cm	intrakraniell, max. $\emptyset$ bis 2,5 cm	Tumor $\emptyset$ 1 - 3 cm	translabyrinthär
gross	Ausdehnung im KHBW mit weiteren Sympt.	Ausdehnung im KHBW von mehr als 2 cm	intrakraniell, $\emptyset$ mehr als 2,5 cm	Tumor $\emptyset$ mehr als 3 cm	suboccipital und transtemporal

KHBW = Kleinhirnbrückenwinkel.

von 1 bis 2 cm.

- c) gross: Ausdehnung im Kleinhirnbrückenwinkel von über 2 cm und bis 5 cm.

3. Einteilung nach Fisch (FISCH, 1974).

- a) intrameatale Akustikusneurinome.
- b) intracranielle Akustikusneurinome mit maximalem Durchmesser bis zu 2,5 cm: nur "otologische" Symptome, insbesondere keine Beteiligung des Nervus trigeminus.
- c) intracranielle Akustikusneurinome mit Durchmesser von über 2,5 cm: zusätzlich noch Nachbarschaftssymptome.

Die Einteilung von HOUSE beruht vorwiegend auf der klinischen Symptomatologie. Diejenige von FISCH wurde aufgrund der klinischen Symptomatik und speziell das Vorhandensein oder Fehlen von sogenannten Nachbarschaftssymptomen, insbesondere von Seiten des Nervus trigeminus und dem meatozisternographisch zu erhebenden Befund bei Akustikusneurinomen erarbeitet (FISCH, 1975).

Die bei der vorliegenden Arbeit vorgenommene Einteilung der Akustikusneurinome deckt sich mit derjenigen von POOL und PAVA. Die Computer-Tomographie ist bei ihrem heutigen technischen Stand noch nicht in der Lage ausschliesslich intrameatale Akustikusneurinome direkt nachzuweisen. Einen möglichen Durchbruch verspricht man sich dabei durch die computer-tomographische Zisternographie mit dem wasserlösli-

chen Kontrastmittel Amipaque oder mit Luft (KRICHEFF et al., 1979, SORTLAND, 1979, GREPE et al., 1975), wie weiter unten berichtet wird. Es muss auch betont werden, dass rein intrameatale Akustikusneurinome sehr selten anzutreffen sind. So berichtete HOUSE über 5 intrameatale Tumoren bei einer Gesamtzahl von 200 operativ bestätigten Fällen von Akustikusneurinomen (HOUSE, 1968). In der Statistik von FISCH nehmen die rein intrameatalen Akustikusneurinome einen etwas grösseren Anteil ein, nämlich 18 % (FISCH, 1978). YASARGIL stellt fest, dass "es nach wie vor sehr schwierig ist, den Tumor in der Anfangsphase zu erfassen"."gelegentlich gelingt es, kleine, ja sogar winzige Tumoren zu diagnostizieren. Dennoch ist die Diagnose eines Akustikusneurinomes im Einzelfall im Durchschnitt nach wie vor nicht einfach" (YASARGIL, 1978).

Aus diesen Gründen, nämlich der relativen Seltenheit der rein intrameatalen Akustikusneurinome und der Unfähigkeit der Computer-Tomographie in ihrem jetzigen technischen Entwicklungsstand rein intrameatale Tumoren direkt nachzuweisen, wurde die Grenze für kleine Akustikusneurinome in der vorliegenden Studie bei einer Ausdehnung des Tumors bis zu 1 cm in die Cisterna pontocerebellaris festgelegt. Da Akustikusneurinome, welche bis zu 1 cm aus dem Porus im Kleinhirnbrückenwinkel herausragen, rein otologische Symptome aufweisen und auf dem transtemporalem oder translabyrinthären Weg angegangen werden (FISCH, 1978), ist es gerechtfertigt in diesem Falle vom kleinem Akustikusneurinom zu sprechen.

In der anfänglichen Phase der Computer-Tomographie lag die Grenze der Nachweisbarkeit von Kleinhirnbrückenwinkel-Tumo-

ren bei 1,5 bis 2 cm (NEW et al., 1975). Der erste Bericht über die computer-tomographische Darstellung von Akustikusneurinomen wurde im Jahre 1974 veröffentlicht (PAXTON und AMBROSE, 1974). Die Autoren berichteten dabei über die computer-tomographischen Befunde bei 10 Fällen von Akustikusneurinom, machten jedoch keine detaillierten Angaben über deren Grösse. Kurz darauf berichteten NEW und Mitarbeiter (NEW, et al., 1975) im Jahre 1975 über die CT-Befunde bei 7 Fällen von Akustikusneurinomen. Die Grösse des kleinsten von ihnen nachgewiesenen Tumors betrug 1,5 cm. Die Matrix des Systems betrug 80 x 80 und die Schichtdicke 8 mm.

GYLDENSTED konnte unter Anwendung einer feineren Matrix (160/160) im Jahre 1976 ein Akustikusneurinom, welches nur 0,7 cm aus dem Porus akustikus internus herausragte, nachweisen (GYLDENSTED et al., 1976). Bis zum Jahre 1978 betrug die kleinste Grösse der berichteten Akustikusneurinome auf dem Computer-Tomogramm 1 - 2 cm (NAIDICH et al., 1976, KING and AMBROSE, 1977, DAVIS et al., 1977, PARKER, et al., 1977), (s. Tab. 15).

Im Jahre 1978 berichteten PALACIOS und VALVASSORI, dass auch Akustikusneurinome, welche weniger als 1 cm aus dem Porus akustikus internus herausragen, vorwiegend aufgrund von indirekten Veränderungen auf dem Computer-Tomogramm vermutet werden können (PALACIOS und VALVASSORI, 1978).

Aus der Zusammenstellung der Tabelle 15 ist ersichtlich, dass durch Verfeinerung der verwendeten Matrix und die Anwendung von dünnen Schichten, die Nachweisbarkeit kleiner Akustikusneurinome zunimmt. Gestützt auf diese Beobachtungen und durch die Entwicklung und Anwendung einer speziel-

Tabelle 15: Die kleinste Grösse von Akustikusneurinomen während der
Entwicklung der Computer-Tomographie 1975 bis 1979

Autor	Jahrgang	Grösse des Tumors	Matrix	Schichtdicke
New et al.	1975	1,5	80 x 80	8 mm
Gyldensted et al.	1976	2,7	160 x 160	13 mm
Naidich et al.	1976	1,0	160 x 160	13 mm überlappend
King et al.	1977	1 bis 1,5	80 x 80	-
Davis et al.	1977	2,0	160 x 160	8 mm
Parker et al.	1977	1,5 bis 2	160 x 160	8 mm
Dubois et al.	1978	1,5	160 x 160	10 mm überlappend
Robbins et al.	1978	1,5 bis 1,9	160 x 160	8 mm
Schubiger et al.	1978	0,6	256 x 256	5 mm überlappend
Hatam et al.	1978	1,3	160 x 160	8 mm überlappend
Valavanis et al.	1978	0,5	256 x 256	5 mm überlappend
Valavanis	1979	0,4	256 x 256	5 mm überlappend

len Untersuchungstechnik, konnten wir am Anfang des Jahres 1978 unsere Erfahrungen über 8 Akustikusneurinome, welche von 0,6 bis 1 cm aus dem Porus akustikus internus herausragten, in einer vorläufigen Mitteilung berichten (SCHUBIGER, et al., 1978).

Die entwickelte Untersuchungstechnik für kleine Akustikusneurinome beruht auf die Berücksichtigung mehrerer Parameter. Es sind mehrere Faktoren, welche auf die computer-tomographische Darstellung kleiner Tumoren limitierend wirken:

1. Der sogenannte "beam-hardening"-Artefakt.

Es handelt sich dabei um einen durch den Knochen induzierten Artefakt, welcher dazu führt, dass die dem Knochen benachbarten Parenchymstrukturen artifiziell hohe Absorptionswerte aufweisen (BROOKS und DI CHIRO, 1976). Durch diesen Artefakt können medial des Felsenbeins, also auch im Kleinhirnbrückenwinkel pathologische, hyperdense Läsionen vorgetäuscht werden.

2. Der sogenannte "overswing"-Artefakt.

Es entsteht typischerweise dort wo Strukturen mit hohen Absorptionswerten in solche mit niedrigen übergehen. Der abrupte Uebergang vom hohe Absorptionswerte aufweisenden Felsenbein zum niedrige Abdorptionswerte aufweisenden Liquor in der Cisterna pontocerebellaris ist die Ursache dafür, dass im Kleinhirnbrückenwinkel häufig ein "overswing"-Artefakt entsteht. Es besteht in einem hypodensen Streifen, der zwischen beiden Cisternae pontocerebellares verläuft

und die normalen Strukturen, aber auch pathologische Läsionen in dieser Gegend überdecken kann (KAZNER et al., 1978).

3. das sogenannte partielle Volumenphänomen.

Nimmt die pathologische Läsion nicht die gesamte Schichtdicke, sondern nur einen gewissen Anteil derselben ein, d.h. ist der Durchmesser der pathologischen Läsion kleiner als die verwendete Schichtdicke, dann wird an der Oberfläche der Schicht (sog. Pixel) nicht der wahre Absorptionswert der Läsion, sondern der Mittelwert aus den Absorptionswerten der Läsion und des noch eingeschlossenen normalen Hirnparenchyms gemessen. Es ist somit möglich, dass hyperdense Läsionen aufgrund dieses Phänomens und wenn sie so klein sind, dass deren Durchmesser kleiner ist als die verwendete Schichtdicke, als isodens erscheinen und somit auf direkte Weise nicht zu erfassen sind.

4. das sogenannte "elektronische Rauschen".

Es entspricht einer Inhomogenität des rekonstruierten Bildes einer homogenen Struktur. Es wird als statistische Abweichung der Absorptionswerte vom berechneten Absorptionswert für ein homogenes Material bestimmt. Das elektronische Rauschen steht im direkten Zusammenhang mit der Menge der das Objekt passierenden Photonen (HOUNSFIELD, 1976).

5. die Zeitspanne zwischen Kontrastmittel Applikation und "scanning" des Tumors.

Um den Einfluss dieser limitierenden, bzw. störenden Faktoren bei der computer-tomographischen Untersuchung von Pati-

enten mit Verdacht auf ein kleines Akustikusneurinom zu reduzieren, wurde folgende Untersuchungstechnik entwickelt :

1. Durch die Anwendung von dünnen (d.h. 5 mm dicken), sich überlappenden (je 2,5 mm Ueberlappung) Schichten wurde der Einfluss des partiellen Volumenphänomens weitgehend eliminiert, da auf diese Weise auch Tumoren mit einem Durchmesser von 5 mm die volle Schichtdicke einnehmen und so deren echter Absorptionswert und dessen Abweichung von demjenigen des cerebellären Parenchyms exakt zu bestimmen sind.
2. Durch die Anwendung einer starken Kippung der "Gantry" (-20 Grad zur Orbitomeatallinie) wird erreicht, dass das Volumen an Knochengewebe, welches in der Schicht eingeschlossen ist, reduziert wird. Dadurch wird der störende Einfluss der knocheninduzierten Artefakte (d.h. overswing und beam-hardening-Artefakte) signifikant reduziert.
3. Durch die Anwendung einer langsamen Scangeschwindigkeit wird das elektronische Rauschen reduziert, da dadurch die Anzahl Photonen, welche pro Zeiteinheit von den Detektoren registriert werden, erhöht wird.
4. Wie bereits oben ausführlich dargestellt wurde, ist die Kontrastmittelkinetik der Akustikusneurinome durch einen raschen Anstieg und einem ebenfalls rasch erfolgenden Abfall der Dichtewerte nach Kontrastmittel-Applikation gekennzeichnet. Am sichersten wird demzufolge der Tumor dann dargestellt, wenn er während der kurzen Zeitspanne, wo er den maximalen Dichtewert des Contrast-Enhancement aufweist, gescannt wird. Um dies zu erreichen, ist es unerlässlich,

dass die Untersuchung unmittelbar nach Beendigung der Kontrastmittel-Injektion zu beginnen hat. Neuerdings verwenden wir bei Akustikusneurinomen zusätzlich zu der Bolus-injektion von 1 ml Kontrastmittel/kg Körpergewicht, eine Infusion von 100 ml Telebrix, welche während des Scans kontinuierlich verabreicht wird. Es ist jedoch noch nicht erwiesen, ob dadurch der maximale Dichtewert des Tumors über längere Zeit erhalten bleibt, oder ob der rasche Abfall der Dichtewerte hinausverzögert wird.

GREITZ hat errechnet, dass die Erkennbarkeit kleiner Tumoren sich umgekehrt proportional zur 3. Potenz ihres Durchmessers verhält (GREITZ, et al., 1978). Die Erkennbarkeit ist dabei definiert als die Differenz aus dem mittleren Absorptionswert des Tumoreals und demjenigen des umgebenden Parenchyms. Ein Tumor wird erkennbar, sobald diese Differenz 3 Standardabweichungen der mittleren Dichte des umgebenden Parenchyms überschreitet (GREITZ, et al., 1978).

Aus diesen Ueberlegungen geht hervor, dass besonders bei kleinen Tumoren der zeitliche Abstand zwischen Kontrastmittel-Applikation und Scanning des Tumors von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Ein weiterer, besonders wichtiger Faktor ist die Bewegungsruhe des Patienten. Ein durch bewegungsinduzierte Artefakte gestörtes Computer-Tomogramm sollte bei der Fragestellung nach einem kleinen Akustikusneurinom nicht beurteilt werden, sondern unter spezieller Anleitung des Patienten und evtl. Sedierung wiederholt werden.

Diese spezielle Untersuchungstechnik hat sich in der Folge-

zeit bewährt und voll bestätigt. So konnten wir am Ende des Jahres 1978 unsere Erfahrungen über 15 computer-tomographisch erfasste kleine Akustikusneurinome berichten (VALAVANIS et al., 1978). Der kleinste Tumor ragte lediglich um 0,5 cm aus dem inneren Gehörgang. In der vorliegenden Arbeit wird über 23 operativ bestätigte kleine Akustikusneurinome berichtet. Der kleinste Tumor ragte um 4 mm aus dem inneren Gehörgang und wurde ohne weitere diagnostische Abklärung operativ angegangen (Abb. 19).

Das computer-tomographische Bild des kleinen Akustikusneurinomes unterscheidet sich in mancherlei Hinsicht von demjenigen der grösseren Tumoren (s. Tab. 2 und 3).

Die indirekten Veränderungen sind erwartungsgemäss beim kleinen Akustikusneurinom weniger ausgeprägt. Der 4. Ventrikel war bei 74 % einseitig komprimiert, jedoch nie nach der Gegenseite verlagert. Die Cisterna pontocerebellaris war bei ca. 70 % der Fälle partiell obliteriert und bei 28 % der Fälle ipsilateral erweitert. Die Tumoren mit einer Grösse von nahezu 1 oder genau 1 cm wiesen eine diskrete ipsilaterale Erweiterung des infratentoriellen Anteiles der Cisterna ambiens auf (Abb. 20). Als häufigstes und zugleich zuverlässigstes indirektes Zeichen der kleinen Akustikusneurinome erwies sich eine ipsilaterale Erweiterung des inneren Gehörganges, welcher bei 83 % der Fälle verantwortlich für eine signifikante pathologische Porusdifferenz von mehr als 2 mm war (Abb. 19).

Dem Nachweis einer ipsilateralen Poruserweiterung kommt also beim kleinen Akustikusneurinom eine besondere diagnostische Bedeutung zu. Die hier erhobenen Befunde zeigen,



Abb. 19:

Das kleinste Akustikusneurinom des eigenen Materials. Der Tumor ragt lediglich um 4 mm aus dem erweiterten rechten inneren Gehörgang heraus.

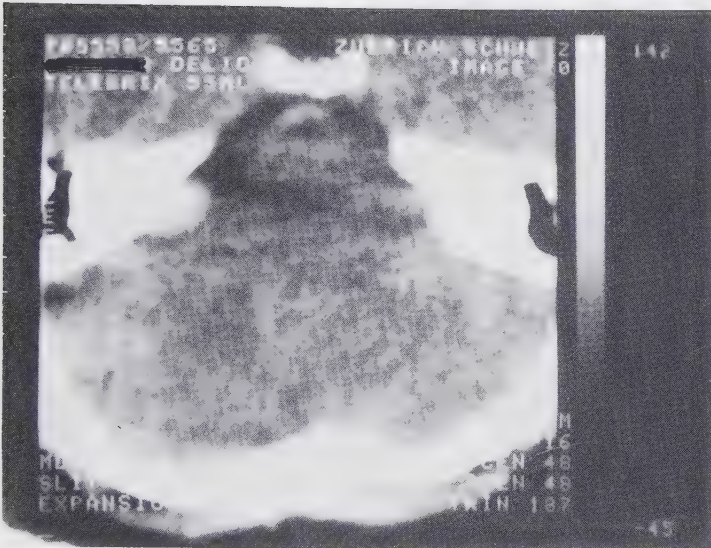


Abb. 20:

Kleines, linksseitiges Akustikusneurinom von 1 cm Durchmesser. Es bewirkt eine ipsilaterale Erweiterung des infratentoriellen Anteils der Cisterna ambiens.

dass das Vorliegen einer Poruserweiterung unabhängig von der Grösse des Tumors ist. Auch sollte der computer-tomographische Nachweis eines ipsilateral erweiterten inneren Gehörganges bei fehlendem direkten Tumornachweis eine absolute Indikation für die weitere diagnostische Abklärung des Patienten mittels Pantopaque-Meato-Zisternographie sein.

Auch die direkten Tumorzeichen der kleinen Akustiksuneurine weichen von denjenigen der grösseren Tumoren ab. Nahezu 90 % dieser Tumoren sind primär isodens und zeigen in über 90 % der Fälle ein starkes homogenes Contrast-Enhancement auf (Abb. 21). Die Homogenität der kleinen Akustikusneurinome ist am ehesten auf die mikroskopische Struktur dieser Tumoren zurückzuführen. Kleine Akustikusneurinome bestehen meistens ausschliesslich aus dem kompakt und homogen aufgebauten Antoni-A-Gewebemuster. Dieses Gewebe setzt sich zusammen einerseits aus langen bipolaren Spindelzellen, welche in regelmässigen Bündeln angeordnet sind und andererseits aus einem interzellulären dichten Fasernetz, welches aus feinen Reticulinfasern besteht (WECHSLER, 1978, RUBINSTEIN, 1972). Die homogene Erscheinungsform der kleinen Akustikusneurinome auf dem Computer-Tomogramm widerspiegelt also den regelmässigen, kompakten histologischen Aufbau dieser Tumoren.

Die hier vorgelegten Untersuchungsergebnisse zeigen, dass auch kleine Akustikusneurinome durch die Computer-Tomographie erfasst werden können. Voraussetzung dafür ist die Anwendung einer speziellen Untersuchungstechnik. Diese ist allerdings zeitraubend und mit einer nicht zu vernachlässigenden Strahlenbelastung für den Patienten verbunden. Aus diesen Tatsachen ergibt sich, dass die Computer-Tomographie

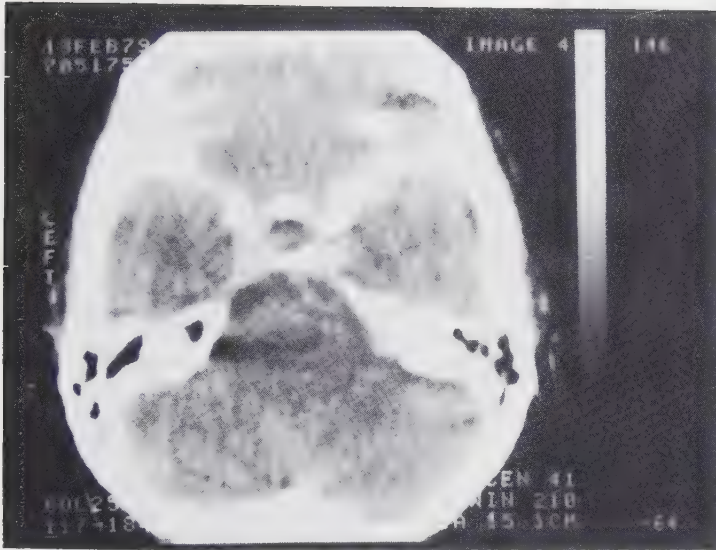


Abb. 21:

Intensives und homogenes Enhancement bei einem 6 grossen rechtsseitigem Akustikusneurinom.

Tabelle 16: Die Füllungstypen der Pantopaque-Meatozisternographie nach FISCH und deren Korrelation zum Computer-Tomogramm

Füllungs- typ	Morphologie der KM- Aussparung	Diagnostische Bedeutung	Korrelation zur Computer-Tomographie
I.	zungenförmig im Bereich der Crista transversa	normal (100 %)	-
II.	vollständige Füllung des Meatus	Atrophie (62 %) normal (38 %)	-
III.	beschränkt am oberen oder unteren Fach des Meatus	normal (47 %) Arachnoiditis (26 %) enger Meatus (21 %) Tumor (6 %)	-
IV.	die Hälfte oder mehr des Meatus einnehmend	enger Meatus (75 %) Tumor (25 %)	-
V.	den ganzen Meatus einnehmend	Tumor (75 %) Gefäßschlinge (25 %)	kleinste, noch nachweisbare Tumoren der Gruppe I.
VI.	bis in den KHBW reichend, medialer Tumorrand vollständig von KM umgeben	Tumor (100 %)	Gruppe I
VII.	bis in KHBW reichend, medialer Tumorrand partiell von KM umgeben.	Tumor (100 %)	Gruppe II
VIII.	bis in KHBW, Tumorpheripherie nicht abgrenzbar.	Tumor (100 %)	Gruppe III
IX.	technisches Versagen	-	-
X.	technisches Versagen	-	-

KHBW = Kleinhirnbrückenwinkel
KM = Kontrastmittel.

keine Suchmethode für das kleine Akustikusneurinom darstellt. Vielmehr erfordert sie eine strenge klinische und aus den konventionell-radiologischen Untersuchungen des Felsenbeines, insbesondere aus der Stenvers-Aufnahme, hervorgehende Indikation. In einem grossen Prozentsatz der Fälle wird es dann möglich sein, auf zuverlässige Weise ein kleines Akustikusneurinom, welches um weniger als 10 mm in den Kleinhirnbrückenwinkel hineinragt, computer-tomographisch nachzuweisen. In einem gewissen Prozentsatz der Fälle, vor allem bei rein intrameatalen Tumoren, wird sie bei ihrem heutigen technischen Stand, den Tumor auf direkte Weise nicht nachweisen können. Ein negatives Computer-Tomogramm schliesst somit bei bestehendem klinischen und konventionell-radiologisch begründetem Verdacht auf ein kleines Akustikusneurinom ein solches nicht aus. In dieser Situation ist die Indikation für die Meatozisternographie mit öligem Kontrastmittel (Pantopaque) gegeben.

Die Meatozisternographie mit Pantopaque hat sich vor allem für die Erfassung kleiner Akustikusneurinome bewährt (SCANLAN, 1964, HITSELBERGER und HOUSE, 1966, WELLAUER, 1969, BAKER, 1972, FISCH und WEBER, 1972). Sie stellt zweifellos die diagnostische Methode der Wahl für die Diagnose rein intrameataler Tumoren dar (FISCH und WEBER, 1972, VALVASSORI, 1973). Dennoch ist diese Untersuchungstechnik nicht frei von möglichen diagnostischen Fehlern (VALVASSORI, 1973). Beim Vorliegen eines Akustikusneurinoms lässt sich dieses als eine halbkreisförmig konfigurierte Aussparung des Kontrastmittels, die je nach Ausdehnung des Tumors eine unterschiedliche Grösse aufweisen kann, nachweisen (WENDE und NAKAYAMA, 1978). Beim Nichtvorliegen eines Tumors kann es aber auch dennoch zu einer Aussparung des Kontrastmittels im inneren Gehörgang kom-

men. Ursache für diese falsch-positiven Diagnosen können sein : eine Arachnoiditis (FISCH, 1969, LIN und SILVERSTEIN, 1973, VALVASSORI, 1973), eine ödematöse Schwellung des Ganglion vestibulare (FISCH, 1969), abnorm enge Verhältnisse im Fundus des inneren Gehörganges (FISCH, 1975), entzündliche Veränderungen des Nervus vestibularis (LIN und SILVERSTEIN, 1973).

FISCH hat das morphologische Bild der Pantopaque-Meatozisternographie in 10 Typen eingeteilt und konnte nachweisen, dass die Aussagekraft des Pantopaque Zisternogrammes im Hinblick auf das Vorliegen eines raumfordernden Prozesses im inneren Gehörgang oder im Kleinhirnbrückenwinkel von dem erhaltenen Füllungstyp abhängig ist.

Die Einteilung nach FISCH und deren Korrelation zum Computer-Tomogramm, wie sie sich aufgrund unserer Ergebnisse ergibt, sind in der Tabelle 16 zusammengefasst.

Ein Vergleich der zisternographischen Füllungstypen I bis IV mit der Computer-Tomographie ist nicht möglich, da letztere intrameatale Strukturen und somit auch Tumoren nicht nachzuweisen vermag. Diesbezüglich ist also die Zisternographie der Computer-Tomographie überlegen. Es muss allerdings betont werden, dass es sich bei diesem Füllungstyp, nur selten um einen Tumor handelt. Meistens liegt ein normaler Befund, bzw. ein enger innerer Gehörgang vor. Von 35 Fällen mit einem Füllungstyp I bis IV wurde nur bei 2 Fällen ein Tumor nachgewiesen (5,7 %) (FISCH und WEBER, 1972).

Der Füllungstyp V des Meatozisternogrammes entspricht den kleinsten, noch computer-tomographisch direkt nachweisbaren Tumoren. Es handelt sich hier um Akustikusneurinome, deren mediale Begrenzung direkt am Eingang zum inneren Gehörgang lokalisiert ist. Somit sind sie nicht allseits von Knochen umgeben und können in einem gewissen, bisher nicht exakt bestimmten Prozentsatz der Fälle, computer-tomographisch erfasst werden. In diesem Bereich verhalten sich die beiden Methoden nicht kompetitiv, sondern ergänzend. Wird nämlich durch die nicht invasive Computer-Tomographie kein Tumor nachgewiesen, gilt es dann durch die Anwendung der invasiven Pantopaque-Meatozisternographie einen Tumor nachzuweisen, bzw. auszuschliessen.

Der Füllungstyp VI bedeutet mit praktischer Sicherheit einen Tumor. Hier handelt es sich um Tumoren, welche um ca. 1 cm aus dem inneren Gehörgang herausragen. Sie entsprechen den auf dem Computer-Tomogramm nachweisbaren kleinen Akustikusneurinomen, und evtl. auch der kleineren Tumoren der Gruppe der mittelgrossen Akustikusneurinome. Hier ist die Computer-Tomographie, was die Erfassung des Tumors betrifft, der Meatozisternographie ebenbürtig. Sie kann jedoch, im Gegensatz zur Zisternographie auch zuverlässige Aussagen über die Zusammensetzung und die Art der zugrunde liegenden raumfordernden Läsion machen.

Bei Tumoren des Füllungstyps VII und VIII handelt es sich computer-tomographisch um mittelgrosse, respektiv grosse Akustikusneurinome. In diesem Bereich ist die Computer-Tomographie der Pantopaque-Meatozisternographie eindeutig überlegen und hat sie auch vollständig verdrängt. Hier kann

die Computer-Tomographie exakte Aussagen über die Grösse des Tumors, seine Ausdehnung, über evtl. vorhandene Komplikationen (aszendierende Herniation, Hydrocephalus) und über seine Morphologie und somit über die Artdiagnose (s. unten unter Differentialdiagnose) machen.

Ein neuer Weg in der computer-tomographischen Diagnostik kleiner Akustikusneurinome scheint sich durch die Einführung der sogenannten computer-tomographischen Zisternographie (CT-Cisternographie) zu öffnen. Der erste Bericht über die Anwendung des wasserlöslichen Kontrastmittels Metizamid (Amipaque) in der computer-tomographischen Untersuchung von extraaxialen intracraniellen Tumoren, wurde von GREPE, et al. im Jahre 1977 veröffentlicht (GREPE et al., 1975). Seit diesem Zeitpunkt wurde von verschiedenen Autoren über die Möglichkeit der CT-zisternographischen Erfassung von Akustikusneurinomen berichtet (ROBERSON et al., 1977, ROSENBAUM, et al., 1977, DUBOIS, et al., 1978). ROSENBAUM berichtet über 4 Fälle von Akustikusneurinomen, welche durch diese Methode untersucht wurden. 2 dieser Tumoren waren kleiner als 1 cm und auf dem gewöhnlichen Computer-Tomogramm auch nach intravenöser Kontrastmittel-Applikation nicht sichtbar. Auch DUBOIS berichtet über 4 mit CT-Zisternographie mit Amipaque untersuchte Akustikusneurinome. 2 dieser Tumoren waren kleiner als 1,5 cm im Durchmesser.

Auf dem Amipaque-CT-Zisternogramm stellen sich Akustikusneurinome als relativ hypodense Areale dar, da der von ihnen eingenommene zisternale Raum eine Aussparung im hyperdens erscheinenden Amipaque bewirkt.

Es ist dennoch zweifelhaft, ob diese Methode auch intrameatale Akustikusneurinome nachzuweisen vermag. Bis jetzt wurde über einen CT-zisternographischen Nachweis intrameataler Akustikusneurinome nicht berichtet.

Neuerdings wurde über die Anwendung einer Modifikation der obigen Methode berichtet. Es handelt sich dabei um die Kombination der Computer-Tomographie mit der Luftzisternographie (SORTLAND, 1979, KRICHEFF, 1979).

Durch diese Methode wird auch der innere Gehörgang dargestellt, sodass damit die Voraussetzung gegeben ist, auch intrakanalikuläre Tumoren zu erfassen. In der Tat wurde kürzlich von KRICHEFF et al. die Diagnose eines intrameatalen Akustikusneurinomes durch diese Methode berichtet (KRICHEFF et al., 1979).

Durch die Computer-Tomographiegeräte der sogenannten 3. Generation, welche eine höhere Matrix und extrem dünne Schichten (1,5 mm) besitzen, insbesondere in Kombination mit der CT-Luftzisternographie wird es sehr wahrscheinlich in nächster Zukunft möglich sein, auf zuverlässige Weise ausschliesslich intrameatal lokalisierte Akustikusneurinome nachzuweisen (HOUGHTON, 1979).

V. DIFFERENTIALDIAGNOSE

Die klassischen neuroradiologischen Untersuchungsmethoden, welche für die Untersuchung des Kleinhirnbrückenwinkels eingesetzt werden, erlauben keine differentialdiagnostischen Rückschlüsse in Bezug auf die Artdiagnose. Durch sie wird das Vorliegen einer im Kleinhirnbrückenwinkel lokalisierten Läsion nachgewiesen, deren Natur jedoch nicht weiter spezifiziert werden kann. Durch die cerebrale Angiographie ist es in einem gewissen Prozentsatz der Fälle (62 % nach KENDELL und SYMON) möglich, pathologische Tumorgefäße darzustellen und die an der Tumorversorgung beteiligten Gefäße nachzuweisen (WOLPERT, 1976). Dennoch ist es auch durch diese Methode in der Mehrzahl der Fälle nicht möglich, zuverlässige differential-diagnostische Rückschlüsse zu ziehen (WOLPERT, 1976). Der Nachweis von indirekten ossären Veränderungen am Felsenbein, speziell an deren posterioren Wand und am inneren Gehörgang können von differential-diagnostischer Bedeutung sein (LOEPP, 1940, LOEPP und LORENTZ, 1954, WACKENHEIM und METZGER, 1962, PSENNER, 1963). Dennoch sind diese Veränderungen meistens unspezifisch, da sie auf die raumfordernde Wirkung des Tumors auf den Knochen beruhen und somit bei den verschiedensten Tumoren dieser Gegend angetroffen werden können.

Im Gegensatz dazu ist es durch die Computer-Tomographie möglich geworden, hochwertige Informationen über die pathologisch-anatomische Zusammensetzung und somit über die Artdiagnose des Tumors zu erhalten. Diese Tatsache beruht auf der direkten Darstellung des Tumors. Erst dadurch ist es möglich geworden den nachgewiesenen raumfordernden Prozess des Kleinhirnbrückenwinkels morphologisch analysieren zu können. Die morphologische Analyse des pathologischen Prozesses auf dem

Computer-Tomogramm schliesst die oben ausführlich für das Akustikusneurinom besprochenen Kriterien ein.

Der weitaus häufigste Kleinhirnbrückenwinkeltumor ist das Akustikusneurinom, welches ca. 80 % der Tumoren dieser Gegend ausmacht (ZUELCH, 1956). Im Kleinhirnbrückenwinkel kommt jedoch eine Anzahl von weiteren Tumoren vor. Sie können sein:

Meningeom	(6,7 %)
Epidermoid	(5 %)
Neurinome des V. X. und XI. Hirnnerven	(3 %)
Arachnoidalzysten	(0,4 %)
Gliome mit Ausdehnung im Kleinhirnbrückenwinkel, vor allem Ependymom, Medulloblastom, Spongioblastom, Papillom	(5,9 %)
Glomus-Jugulare-Tumor	(weniger als 1 %)
Sarkome, Abszess, Metastasen, Chordom, Chondrom und vaskuläre Läsionen, speziell Aneurysmen, arteriovenöse Missbildungen und die sog. Megadolichobasilaris (ZUELCH, 1956, REVILLA, 1948, YASARGIL, 1978).	

Die meisten dieser Tumoren bzw. Läsionen rufen, aufgrund deren Lokalisation in der Cisterna pontocerebellaris, eine ähnliche klinische Symptomatik hervor, sodass klinisch nur selten auf die zugrunde liegende Aetiologie hinweisende Zeichen vorliegen (REVILLA, 1948).

Beim computer-tomographischen Nachweis eines Kleinhirnbrückenwinkeltumors wird es sich meistens um ein Akustikusneu-

rinom handeln. Die Diagnose des Akustikusneurinomes kann computer-tomographisch bestätigt werden, wenn die hierfür charakteristischen und vorgänglich ausführlich besprochenen indirekten und direkten Veränderungen nachgewiesen werden. Dennoch treten in einem kleinen Prozentsatz der Fälle differentialdiagnostische Schwierigkeiten auf. Diese beruhen auf dem Nachweis von Veränderungen, welche entweder atypisch für ein Akustikusneurinom sind oder mit der klinischen Symptomatologie nicht voll in Deckung gebracht werden können. Auf diese Problematik soll jetzt speziell eingegangen werden. Die eigenen Erfahrungen darüber beruhen auf der computer-tomographischen Untersuchung von 127 Fällen von Kleinhirnbrückenwinkeltumoren der verschiedensten Aetiologie.

Das Kleinhirnbrückenwinkelmeningeom ist mit einer Häufigkeit von nahezu 10 % der zweithäufigste Tumor dieser Gegend, (CUSHING, 1938, CASTELLANO und RUGGIERO, 1953). Aufgrund dieser Tatsache wird es nicht selten in die differentialdiagnostischen Ueberlegungen beim Vorliegen eines Kleinhirnbrückenwinkeltumors einbezogen.

Das eigene Material von operativ bestätigten Kleinhirnbrückenwinkel-Meningeomen setzt sich aus 12 Fällen zusammen. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 9,6 % der von uns untersuchten Kleinhirnbrückenwinkeltumoren, was in Uebereinstimmung mit der in der Literatur angegebenen Häufigkeit für das Meningeom des Kleinhirnbrückenwinkels steht. In der Tabelle 17 wurden die anhand des eigenen Materials erhobenen Befunde beim Kleinhirnbrückenwinkelmeningeom zusammengefasst und den computer-tomographisch erhobenen Befunden beim Akustikusneurinom gegenübergestellt. Ähnliche

Untersuchungen haben auch MOELLER, et al. durchgeführt (MOELLER, et al., 1978). Die Resultate dieser Autoren wurden zu Vergleichszwecken ebenfalls in die Tabelle 17 aufgenommen. Es ist daraus zu ersehen, dass die Meningeome sich in mehreren morphologischen Kriterien von den Akustikusneurinomen unterscheiden:

Das Meningeom ist in der grossen Mehrzahl der Fälle ein primär hyperdenser Tumor (in ca. 80 %), welcher eine ovale Form (80 %), ein homogenes Enhancement (80 %) und einen stumpfen Tumorknochenwinkel (80 %) aufweist (Abb. 22). Ein weiteres, wenn allerdings nicht so häufig vorhandenes, jedoch für ein Meningeom hochspezifisches diagnostisches Zeichen ist die Hyperostose des dem Meningeom benachbarten Knochens (ca. 33 % unserer Fälle) (Abb. 23). Auch Verkalkungen im Tumorgewebe, welche bei ca. 40 % der Fälle von Kleinhirnbrückenwinkelmeningeomen computer-tomographisch nachweisbar sind, stellen ein die Diagnose dieses Tumors unterstützendes Kriterium dar (Abb. 24, 25). Der Nachweis eines nicht erweiterten inneren Gehörganges spricht stark, wenn auch weitere typische morphologische Kriterien vorhanden sind, für ein Meningeom. Allerdings kann ein Kleinhirnbrückenwinkelmeningeom sekundär gegen den inneren Gehörgang vorwachsen und ihn erweitern und andererseits kommt es, wenn auch selten, vor, dass ein Akustikusneurinom und speziell wenn es sich dabei um eines des sog. medialen Typs handelt, ohne Gehörgangserweiterung einhergeht (BRUNNER, 1935 a und b). Im Gegensatz dazu ist das Akustikusneurinom meistens ein primär isodenser Tumor. Es kann auch als primär hypodens und nur höchst selten als hyperdens erscheinen. Es weist weniger häufig ein homogenes Contrast-Enhancement auf, hat meistens eine runde Konfigura-

Tabelle 17:

Computertomographisch zu erhebende differential-diagnostische

Kriterien zwischen Akustikusneurinom und Meningeom

Morphologische Kriterien	E i g e n e Akustikus- neurinom (73 Fälle)	F ä l l e Meningeom (12 Fälle)	F ä l l e v o n M ö l l e r Akustikus- Meningeom (61 Fälle)	(7 Fälle)
I. <u>Nativ-Scan</u>				
isodens	47/73 (64 %)	3/12 (25 %)		
hyperdens	12/73 (16 %)	9/12 (75 %)	(11 %)	6/7 (86 %)
hypodens	14/73 (20 %)	0/12 (0 %)		
II. <u>Postcontrast-Scan</u>				
homogen	41/73 (56 %)	9/11 (75 %)		
inhomogen	26/73 (36 %)	3/11 (25 %)		
ringförmig	6/73 (8 %)	0/11 (0 %)		
III. <u>Form</u>				
oval	15/73 (21 %)	10/12 (83 %)	(8 %)	5/7 (71 %)
rund	58/73 (79 %)	2/12 (17 %)	(92 %)	2/7 (28 %)
IV. <u>Perifokal.</u>				
<u>Oedem</u>	24/73 (33 %)	7/12 (58 %)	(44 %)	0/6 (0 %)
V. <u>Verkalkung</u>				
	0/73 (0 %)	4/12 (33 %)	(0 %)	4/7 (57 %)
VI. <u>Tumor-Knochen-Winkel</u>				
spitz	62/73 (85 %)	3/12 (25 %)		
stumpf	11/73 (15 %)	9/12 (75 %)	(28 %)	5/6 (83 %)
VII. <u>Hyperostose</u>				
	0/73 (0 %)	4/12 (33 %)		
VIII. <u>Poruserweiterung</u>				
	55/67 (87 %)	0/12 (0 %)	(77 %)	0/7 (0 %)

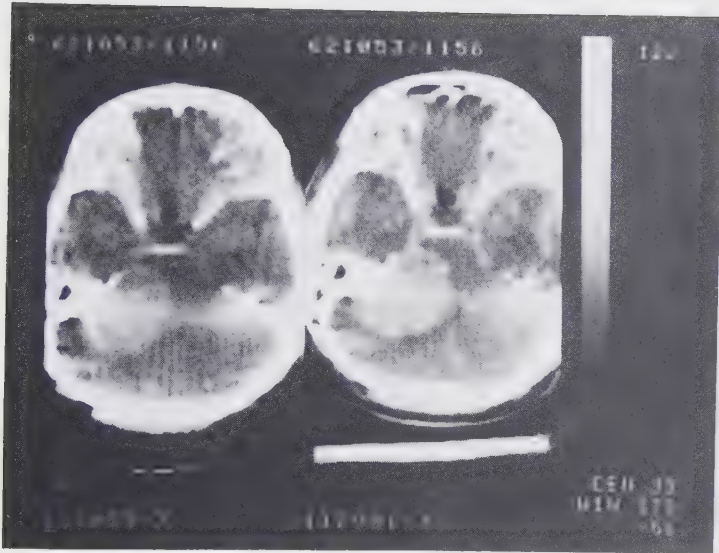


Abb. 22:

Grosses linksseitiges Kleinhirnbrückenwinkelmeningiom. Der Tumor ist primär hyperdens (linkes Bild) und weist ein homogenes Enhancement auf (rechtes Bild). Er ist oval konfiguriert und sitzt der Felsenbeinrückwand breit auf.

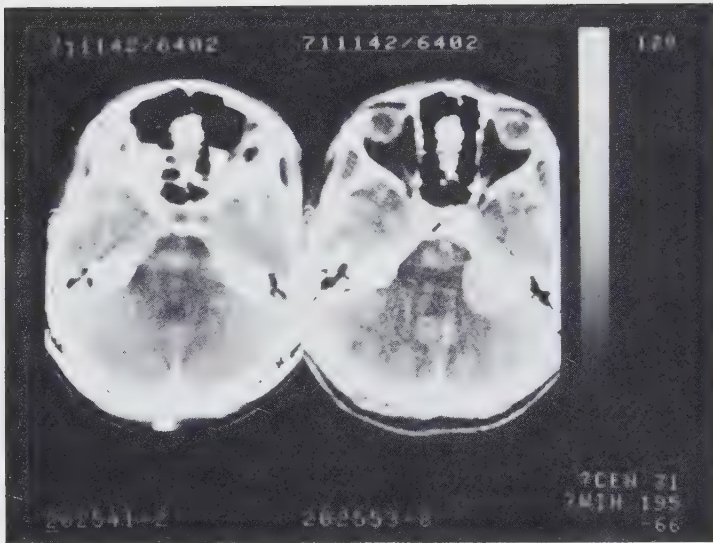


Abb. 23: Kleines, rechtsseitiges Kleinhirnbrückenwinkelmeningeom. Der Tumor ist diskret hyperdens (links) und weist ein starkes homogenes Enhancement auf (rechts). Umschriebene Hyperostose an der Hinterwand der Pyramide. Stumpfer Tumorknochenwinkel.

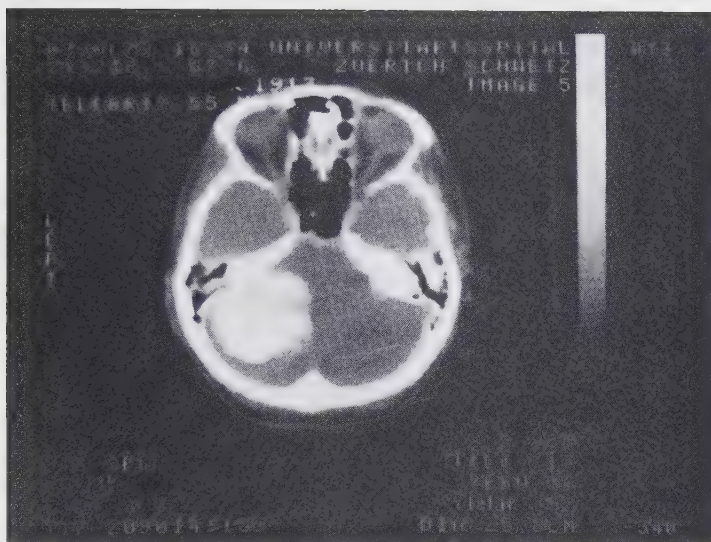


Abb. 24: Total verkalktes, grosses linksseitiges Kleinhirn-

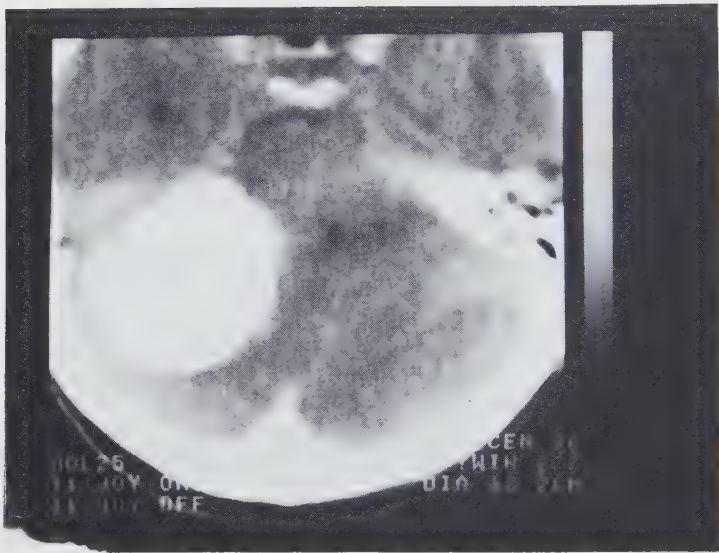


Abb. 25:

Das verkalkte linksseitige Kleinhirnbrückenwinkelmeningeom weist eine breite Kontaktfläche mit dem Tentorium auf.

tion lässt Kalkherde vermissen, weist einen spitzen Tumorknochenwinkel auf und führt in ca. 90 % der Fälle zu einer Gehörgangserweiterung. Durch die detaillierte morphologische Analyse des Computer-Tomogramms ist es somit meistens möglich, das Akustikusneurinom vom Meningeom des Kleinhirnbrückenwinkels zuverlässig zu differenzieren. Die angiographische Differentialdiagnose zwischen Akustikusneurinomen und Meningeomen ist nicht immer einfach (WOLPERT, 1976). Akustikusneurinome zeigen weniger häufig als Meningeome des Kleinhirnbrückenwinkels eine Tumoranfärbung (WACKENHEIM und BRAUN, 1978). Auch ist die Tumoranfärbung beim Akustikusneurinom schwächer und eher fleckförmig im Gegensatz zum Meningeom, welches eine homogene und lang anhaltende Anfärbung aufweist (WOLPERT, 1976, SYMON und KENDALL, 1973). Die Blutversorgung stammt beim Akustikusneurinom meistens aus der A. cerebelli anterior inferior und nur selten aus der A. carotis externa (LEVINE, et al., 1973) oder der A. carotis interna (THERON, et al., 1975). Im Gegensatz dazu erhalten Kleinhirnbrückenwinkelmeningeome ihre Blutversorgung meistens aus der A. carotis externa (WOLPERT, 1976). Dennoch sind diese angiographisch zu erhebenden morphologischen Kriterien nicht immer vorhanden, sodass die Differenzierung dieser zwei Tumortypen nicht immer gelingt. Auch muss der Tumor grösser als 2 cm sein, damit er überhaupt angiographisch nachweisbar wird (WOLPERT, 1976).

Der nächsthäufigste Kleinhirnbrückenwinkeltumor nach dem Akustikusneurinom und dem Meningeom ist das Epidermoid. Der Kleinhirnbrückenwinkel ist seine häufigste Lokalisation (RAND und REEVES, 1943). Das computer-tomographische Bild des Epidermoids ist spezifisch genug, sodass dieser Tumor mit hoher

Sicherheit diagnostiziert werden kann (DAVIS, et al., 1976)

Es erscheint als ein homogen hypodenser Tumor

Die Dichtewerte sind meistens etwas höher als diejenigen für Liquor, können jedoch auch negativ sein und auf das Vorhandensein von Lipiden hinweisen (DAVIS, et al., 1976). Epidermoide bestehen aus keratinisiertem Epithel und enthalten typischerweise Cholesterinkristalle. Diese Tatsache erklärt die niedrigen Dichtewerte dieser Tumoren. Da sie auch avaskulär sind, wird verständlich, dass sie nach Kontrastmittel-Applikation kein Enhancement aufweisen und angiographisch als avaskuläre raumfordernde Läsionen zum Vorschein kommen (WOLPERT, 1976). Somit lässt sich das Akustikusneurinom vom Epidermoid computer-tomographisch meist mit Sicherheit abgrenzen.

Arachnoidalzysten sind extraaxiale, liquorgefüllte Zysten. Demzufolge erscheinen sie auf dem Computer-Tomogramm als scharf begrenzte, runde bis ovale, hypodense und in jedem Falle liquorisodense, leicht raumfordernde extraaxial in die Cisterna pontocerebellaris lokalisierte Areale, welche ein positives Contrastenhancement charakteristischerweise vermissen lassen (DAVIS et al., 1979, LEO et al., 1979). Sie lassen sich also ebenfalls mit hoher Sicherheit vom Akustikusneurinom unterscheiden. Gelegentlich kann jedoch eine kleine Arachnoidalzyste mit einem Akustikusneurinom vergesellschaftet sein. Das unterschiedliche morphologische Erscheinungsbild beider Tumoren wird es meistens erlauben, bereits präoperativ ihr simultanes Vorkommen nachzuweisen.

Neurinome des Nervus trigeminus, glossopharyngeus und vagus sind selten. Sie weisen auf dem Computer-Tomogramm, da sie pathologisch-anatomisch ähnlich dem Akustikusneurinom auf-



Abb. 26:

Epidermoid des rechten Kleinhirnbrückenwinkels. Der scharf begrenzte Tumor ist homogen hypodens und weist kein Enhancement auf. Die Dichtewerte zeigten stellenweise das Vorhandensein von Fetten (negative HU).

gebaut sind, meistens identische direkte morphologische Kriterien auf wie das Akustikusneurinom. Dennoch ist unter Berücksichtigung sowohl der klinischen Symptomatologie als auch der ossären Veränderungen und der exakten Lokalisation dieser Tumoren meistens möglich, sie vom Akustikusneurinom abzugrenzen. Ein Kleinhirnbrückenwinkeltumor, welcher ähnliche direkte morphologische Kriterien aufweist wie ein Akustikusneurinom, jedoch anteriomedial des inneren Gehörganges lokalisiert ist, letzteren nicht erweitert und eine Arrosion des Felsenbeines in der Gegend der Pyramidenspitze bewirkt, ist mit grösster Wahrscheinlichkeit ein Trigemineusneurinom. Glossopharyngeus- und Vagusneurinome sind etwas tiefer als Akustikusneurinome lokalisiert, weisen keine ipsilaterale Gehörgangserweiterung auf, bewirken häufig eine Arrosion der posterioinferioren Wand des Felsenbeines und führen meistens auch zu einer Erweiterung des Foramen jugulare. Aufgrund der eigenen Erfahrungen mit 5 Neurinomen dieser Hirnnerven kann gefolgert werden, dass die Computer-Tomographie nicht nur die Diagnose eines Neurinoms, sondern auch den Nachweis der bereits besprochenen ossären Veränderungen ermöglicht und somit in der Mehrzahl der Fälle zur korrekten präoperativen Diagnose führt.

Tumoren des Glomus jugulare, sogenannte Chemodektome können, von der Fossa jugularis ausgehend, sich in den Kleinhirnbrückenwinkel ausdehnen. Die definitive Diagnose dieser Tumoren wird angiographisch gestellt, wobei es typischerweise zu einer starken Tumoranfärbung kommt, welche aus Aesten der A. carotis externa, und speziell der A. occipitalis und der A. pharyngea ascendens stammt. Grösse Tumoren erhalten zusätzlich ihre Versorgung aus meningealen Aesten der A. vertebralis. Auch ist die Phlebographie der Vena jugularis interna, welche einen Ver-

schluss dieser Vene durch den Tumor nachweist, für die Abklärung dieser Fälle wertvoll. Computer-tomographisch ist die Differenzierung dieser Tumoren vom Akustikusneurinom ohne Schwierigkeiten möglich. Sie weisen ein starkes und homogenes Contrastenhancement auf und liegen mit ihrer Hauptmasse tiefer vom Niveau des inneren Gehörganges und bewirken typischerweise eine Erweiterung und Arrosion des Foramen jugulare und meistens auch der Pyramidenunterfläche (DAVIS et al., 1979). Diese computer-tomographischen Kriterien wurden bei den 14 von uns untersuchten Glomus-Jugulare-Tumoren konstant nachgewiesen.

Ein extrem seltener Tumor, welcher auch im Kleinhirnbrückenwinkel vorkommen kann ist das Sarkom. Die zwei von uns untersuchten Fälle waren primär nahezu isodens und zeigten nach Kontrastmittel-Applikation ein deutliches Contrastenhancement auf. Einmal war es leicht inhomogen und das andere Mal homogen. Ossäre Veränderungen lagen nicht vor.

Metastasen im Kleinhirnbrückenwinkel können, wenn sie solitär auftreten zu differentialdiagnostischen Schwierigkeiten gegenüber anderen Tumoren führen, da Metastasen auf dem Computer-Tomogramm ein polymorphes Bild aufweisen und morphologisch anderen Tumoren ähneln (DECK et al.) Meistens sind jedoch an anderen Lokalisationen weitere Herde vorhanden, was die Diagnose wesentlich erleichtert.

Vaskuläre Läsionen des Kleinhirnbrückenwinkels können mit Hilfe der Computer-Tomographie nicht nur vom Akustikusneurinom zuverlässig differenziert werden, sondern auch in ihrer Natur erkannt werden. Es gilt dann durch die Angiographie die Diagnose zu bestätigen und dem Chirurgen wichtige

präoperative Information über die Gefäßstopographie zu liefern. Aneurysmen der A. vertebralis können, wenn sie gross sind, bis zum Kleinhirnbrückenwinkel reichen. Sie dürfen auf dem Computer-Tomogramm nicht mit Tumoren verwechselt werden. Je nachdem, ob sie ein offenes Lumen aufweisen oder partiell, bzw. total thrombosiert sind, haben sie ein unterschiedliches, jedoch für jeden Typus charakteristisches morphologisches Erscheinungsbild und Kontrastmittel-Verhalten (Schubiger, et al., 1980), aufgrund dessen sie korrekt diagnostiziert werden können.

Arteriovenöse Malformationen im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels weisen die gleichen computer-tomographischen Befunde auf wie an anderen Stellen. Sie erscheinen meistens als isodense, bis leicht hyperdense Strukturen, welche durch ein inhomogenes, streifiges Enhancement und meist fehlende raumfordernde Wirkung gekennzeichnet sind (TERBRUGGE et al., 1977).

Eine weitere, relativ seltene vaskuläre Läsion im Bereich des Kleinhirnbrückenwinkels ist die sogenannte Megadolichobasilaris. Es handelt sich dabei um eine Ektasie der A. basilaris, welche aufgrund ihrer Schlängelung mit einer Schleifenbildung bis zum Kleinhirnbrückenwinkel reichen kann und so die Symptomatik eines Kleinhirnbrückenwinkeltumors hervorrufen kann. Das computer-tomographische Erscheinungsbild der Megadolichobasilaris ist pathognomonisch (PETERSON et al., 1977). Nach Kontrastmittel-Applikation kommt es zur Darstellung einer hyperdensen, schleifenförmigen, durch die Cisterna pontocerebellaris verlaufenden Struktur. Dieser Befund ist nahezu konstant mit einer hyperdensen, runden, wenig ausgedehnten Struktur paraventrikulär des 3. Ventrikels assoziiert. Letztere entspricht der nach cranial und rostral

verlagerten und dem Boden des 3.Ventrikels imprimierenden Spitze der A.basilaris. Die von uns untersuchten 4 Fälle von Megadolichobasilaris wiesen sämtlich diese bereits beschriebenen Befunde auf.

Intraaxiale Tumoren des Kleinhirns können sich sekundär in die Cisterna pontocerebellaris ausdehnen. Diese Tumoren können zuverlässig vom Akustikusneurinom differenziert werden, da einerseits die computer-tomographisch zu erhebenden Zeichen für einen extraaxialen Tumor nicht vorhanden sind und andererseits die Hauptmasse des Tumors sich im Kleinhirn lokalisieren lässt.

Einfluss der Computer-Tomographie auf die Abklärung von Patienten mit Verdacht auf Akustikusneurinom

Durch die Computer-Tomographie hat sich der Abklärungsgang von Patienten mit Verdacht auf Akustikusneurinom wesentlich geändert. Diese Tatsache beruht einerseits auf der Möglichkeit des direkten Nachweises des Tumors und andererseits auf der zusätzlichen, wichtigen präoperativen Information, welche durch die Computer-Tomographie geliefert wird. Wichtige Informationen, welche früher nur unter Anwendung mehrerer invasiver Untersuchungsmethoden erhalten werden konnten, können nun einzig durch die nicht invasive Computer-Tomographie gewonnen werden.

Als wichtige präoperative Informationen gelten:

1. Die Grösse des Tumors:

Dieser, für die Auswahl des operativen Zuganges wichtigster Parameter kann durch die Computer-Tomographie exakt bestimmt werden. Keine andere Untersuchungsmethode vermag die Tumorgrösse so genau zu bestimmen wie die Computer-Tomographie. Bei kleinen Tumoren, welche computer-tomographisch nicht sicher zu erfassen sind, ist es durch die Pantopaque-Meatozisternographie möglich, sowohl sie zu erfassen als auch deren Grösse zu bestimmen. Bei mittelgrossen und grossen Tumoren versagt jedoch diese Methode, da der mediale Tumoranteil nicht vollständig von Kontrastmittel umgeben wird.

2. Die Ausdehnung des Tumors:

Das Akustikusneurinom kann sich transzisternal in die Incisura tentori und von dort aus im supratentoriellen Raum ausdehnen. Indem durch die Computer-Tomographie die cisternalen Räume, das Tentorium und das Tumorgewebe gleichzeitig dargestellt werden können, ist es durch sie auf sehr zuverlässige Weise möglich, die exakte Ausdehnung des Tumors zu bestimmen.

3. Bilateralität:

Auch das Vorliegen von bilateralen Akustikusneurinomen, wie sie klassischerweise beim Morbus Recklinghausen vorkommen, kann durch die Computer-Tomographie zuverlässig und im gleichen Untersuchungsgang nachgewiesen werden (Abb. 27).

4. Morphologie des Tumors:

Die Computer-Tomographie stellt die einzige uns zur Verfügung stehende Untersuchungsmethode dar, welche Schlussfolgerungen betreffend die pathologisch-anatomische Zusammensetzung des Tumors erlaubt. Vaskularisationsgrad, zystische Komponenten, homogen-kompakter Aufbau und Verkalkungen des Tumors können aufgrund des Erscheinungsbildes auf dem Nativscan und dem Kontrastmittelverhalten der Läsion exakt bestimmt werden.

5. Ossäre Veränderungen:

Die hier erhobenen Resultate zeigen, dass die Computer-Tomographie mindestens so treffsicher wie die konven-

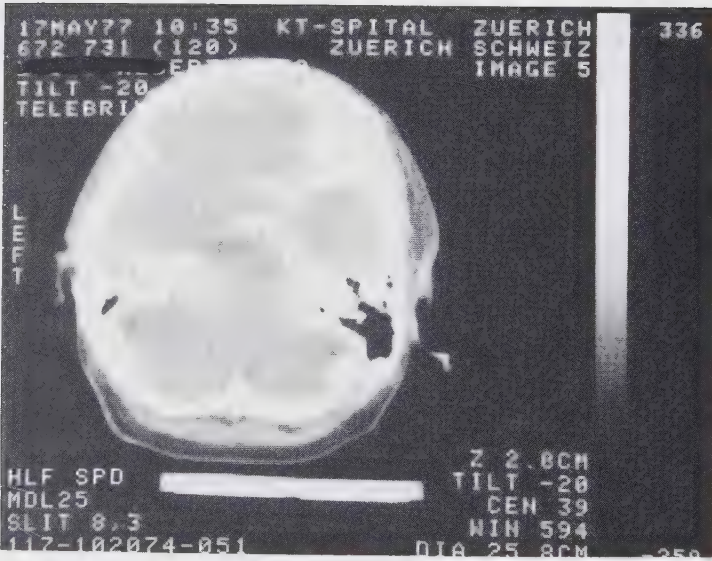


Abb. 27: Bilaterales Akustikusneurinom bei einem Patienten mit Morbus Recklinghausen.

tionelle Radiologie des Felsenbeines ist, was den Nachweis von ossären Veränderungen betrifft. Arrosionen der posterioren Wand des Felsenbeines, Destruktion der Pyramidenspitze und eine Erweiterung des inneren Gehörganges, können computer-tomographisch zuverlässig nachgewiesen werden. Dennoch muss betont werden, dass die konventionelle Tomographie aufgrund ihres grösseren räumlichen Auflösungsvermögens, was den Nachweis von diskreten, beginnenden ossären Veränderungen betrifft, sensitiver ist als die Computer-Tomographie.

6. Hydrocephalus:

Die Computer-Tomographie stellt die Methode der Wahl zur Erfassung eines Hydrocephalus internus dar.

7. Herniation:

Auch die ascendierende, transtentorielle Herniation kann, wie bereits ausgeführt, computer-tomographisch zuverlässig erfasst werden.

8. Beziehung des Tumors zu Gefässen:

Von besonderer Bedeutung ist die topographische Relation des Akustikusneurinomes zur A. cerebelli inferior anterior (ATKINSON, 1949). Aufgrund ihres aktuellen technischen Standes ist es der Computer-Tomographie nicht möglich, diese topographische Tumorgefässbeziehung aufzudecken. Hierfür ist nach wie vor die Vertebralisangiographie nötig. Dennoch werden beim heutigen Stand der mikroneurochirurgischen Technik die meisten Akustikusneurinome oh-

ne vorgängige Abklärung dieser Beziehung operativ angegangen.

Diese Feststellungen zwingen dazu, die Computer-Tomographie relativ früh im Abklärungsgang von Patienten mit Verdacht auf Akustikusneurinom einzusetzen. Um das Akustikusneurinom frühzeitig erfassen zu können, ist es wichtig, dass die radiologische Abklärung beim Auftreten der ersten Symptome eingesetzt wird. Als erstes Symptom beim Akustikusneurinom lässt sich in über 90 % der Fälle ein unilateraler, progressiver, sensorineuraler Hörverlust mit oder ohne Tinnitus feststellen (FISCH und WEGMUELLER, 1974). Beim Vorliegen dieses Symptomes muss durch die kalorische Prüfung und die Audiometrie eine retrokochleäre Läsion nachgewiesen, bzw. ausgeschlossen werden. Die kalorische Prüfung ergibt in 94 % der Fälle mit einem Akustikusneurinom eine signifikant reduzierte kalorische Erregbarkeit und einen kalorischen Nystagmus in den restlichen Fällen (FISCH und WEGMUELLER, 1974). Die Audiometrie zeigt in 55 % der Fälle das Vorliegen einer retrokochleären Läsion an (FISCH und WEGMUELLER, 1974).

Als nächster diagnostischer Schritt gelangt die konventionelle Radiologie zur Anwendung. Durch die Felsenbeinspezialaufnahme nach Stenvers und/oder die transorbitale Felsenbeinaufnahme nach Schüller gilt es eine pathologische Erweiterung des inneren Gehörganges nachzuweisen. Bei fraglichen Befunden kann bereits hier die vergleichende Felsenbeintomographie in antero-posteriorer Projektion durchgeführt werden. Auf die konventionell-radiologische Untersuchung folgt die Computer-Tomographie. Sie kann:

a) positiv ausfallen und einen für ein Akustikusneuri-

nom typischen morphologischen Befund aufweisen. Dies wird in der grossen Mehrheit der Patienten mit klinisch begründetem Verdacht auf Akustikusneurinom der Fall sein. Damit ist die diagnostische Abklärung abgeschlossen.

- b) positiv ausfallen und einen für ein Akustikusneurinom atypischen morphologischen Befund aufweisen. Kann dabei computer-tomographisch die zugrunde liegende Läsion (z.B. Meningeom, Epidermoid, Arachnoidalzyste) mit Sicherheit eruiert werden und kann insbesondere eine vaskuläre Läsion ausgeschlossen werden, dann ist ebenfalls damit die diagnostische Abklärung abgeschlossen. Ist jedoch letzteres nicht möglich, so ist die Indikation für weitere invasive neuroradiologische Untersuchungsmethoden, vor allem die Pantopaque-Meatozisternographie und die Angiographie gegeben.
- c) negativ ausfallen. Wie bereits gezeigt wurde, schliesst ein negatives Computer-Tomogramm bei klinisch, bzw. konventionell-radiologisch vorliegendem Verdacht ein kleines Akustikusneurinom nicht aus. In diesem Falle ist nach wie vor die Pantopaque-Meatozisternographie als zuverlässigste Untersuchungsmethode zum Nachweis eines kleinen, speziell eines intrameatalen Akustikusneurinomes indiziert.

Es ist ersichtlich, dass die Computer-Tomographie eine zentrale Bedeutung in der Abklärung von Patienten mit Verdacht auf Akustikusneurinom erlangt hat. Sie ist heute beim Abklärungsvorgang dieser Patienten nicht mehr wegzudenken.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Ziel dieser Arbeit war es, den Beitrag der Computertomographie in der Diagnostik des Akustikusneurinomes zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurden die computertomographisch erhobenen Befunde von 73 Fällen von Akustikusneurinomen analysiert. Das Material wurde nach der Grösse der Tumoren in 3 Gruppen unterteilt.

Gruppe I umfasste 23 kleine Akustikusneurinome mit einem Durchmesser von weniger als 1 cm, Gruppe II umfasste 24 mittelgrosse Akustikusneurinome mit einem Durchmesser von mehr als 1 und kleiner als 2 cm und Gruppe III umfasste 26 grosse Akustikusneurinome mit grösseren Durchmesser als 2 cm.

Folgende Gesichtspunkte wurden untersucht:

I. Das computertomographisch-diagnostische Vorgehen:

Es gilt dabei das Vorliegen eines infratentoriellen extraaxialen Tumors mit Lokalisation in die Cisterna pontocerebellaris nachzuweisen. Als zuverlässigstes Kriterium für das Vorliegen eines infratentoriellen Tumors hat sich die Deformation des IV. Ventrikels, im Sinne der isolierten Kompression bei kleineren und der kombinierten Kompression und kontralateralen Verlagerung bei grösseren Tumoren erwiesen. Einzige Ausnahme bildeten hier die 6 kleinsten Tumoren, bei welchen der IV. Ventrikel unauffällig war.

Als wertvolle Kriterien für den Nachweis eines extraaxialen Tumors mit Lokalisation in die Cisterna pontocerebellaris

laris haben sich ergeben: die ipsilaterale Erweiterung der Cisterna pontocerebellaris, die Obliteration durch den Tumor der Cisterna pontocerebellaris, insbesondere, wenn sie mit einer Erweiterung des infratentoriellen Anteiles der ipsilateralen Cisterna ambiens vorkommt und der Nachweis von ossären Veränderungen, speziell beim Akustikusneurinom, die ipsilaterale Erweiterung des inneren Gehörganges.

II. Spezielle computertomographische Morphologie des Akustikusneurinomes

Uebereinstimmend mit den Angaben in der Literatur wurde nachgewiesen, dass die Mehrheit der Akustikusneurinome auf dem Nativscan isodens erscheinen (über 60 % der Fälle). Demzufolge sind die meisten Akustikusneurinome auf dem Nativscan nicht sichtbar. Sie müssen aufgrund von indirekten Veränderungen vermutet und durch Kontrastmittelapplikation dargestellt werden. 20 % der Akustikusneurinome erscheinen primär hypodens. Eine primär hyperdense Erscheinungsform ist selten und zugleich atypisch für ein Akustikusneurinom.

Ein positives Contrastenhancement ist charakteristisch für das Akustikusneurinom. Am häufigsten ist dabei eine homogene Morphologie (in über 55 % der Fälle), gefolgt von einer inhomogenen (in ca. 35 % der Fälle). Am seltensten ist die ringförmige Konfiguration (in weniger als 10 % der Fälle). Diese direkten morphologischen Kriterien des Akustikusneurinomes wurden mit der Grösse des Tumors und dem pathologisch-anatomischen Bild des Tumors korreliert. Es hat sich gezeigt, dass

- a) das computertomographische Erscheinungsbild des Akustikusneurinomes von der Grösse des Tumors abhängig ist. Isodensität und homogenes Enhancement sind charakteristisch für kleine Tumoren. Mit zunehmender Tumorgrösse nimmt der Anteil der primär hypodensen und der ein inhomogenes Enhancement aufweisenden Tumoren stark zu.
- b) Es liess sich eine ausgezeichnete Uebereinstimmung zwischen dem von der Literatur her bekannten pathologisch-anatomischen Bild und der computertomographischen Morphologie des Akustikusneurinomes feststellen. Kompakt und homogen aufgebaute Neurinome des histologischen Typs A von Antoni sind computertomographisch isodens und weisen ein homogenes Enhancement auf. Die grösseren Neurinome, welche häufig degenerative Veränderungen, wie Zysten, fettige Degenerationen, perivaskuläre Nekrosen und Oedem im Sinne des histologischen Typs B von Antoni aufweisen, sind computertomographisch vorwiegend durch Hypodensität und inhomogenes Enhancement gekennzeichnet. Die Computertomographie erlaubt somit dem Radiologen zuverlässige Aussagen über das Bauprinzip des Akustikusneurinomes zu machen.

Weitere diagnostisch wertvolle Kriterien für das Akustikusneurinom sind seine runde Form und ein spitzer Winkel zwischen lateralem Tumorrand und angrenzender Felsenbeinwand (sogenannter Tumorknochenwinkel).

Als weniger wertvolle Kriterien haben sich das perifokale Oedem und die scharfe Tumorbegrenzung herausgestellt, da sie keine differentialdiagnostische Rück-

schlüsse gegenüber anderen Kleinhirnbrückenwinkeltumoren zulassen.

III. Die Erweiterung des inneren Gehörganges

Dieses radiologische Kardinalsymptom des Akustikusneurinomes lässt sich computertomographisch mindestens so häufig wie mit Hilfe der konventionellen Radiologie nachweisen. Diese Schlussfolgerung ergibt sich aus den Messungen der inneren Gehörgänge des eigenen Materials und deren Vergleich mit den in der Literatur erschienenen Angaben über den computertomographischen und konventionell-radiologischen Nachweis des pathologisch erweiterten inneren Gehörganges (s. Tab. 11 bis 13).

IV. Komplikationen des Akustikusneurinomes

Die Computertomographie ist die Methode der Wahl zur Erfassung eines Hydrocephalus internus als auch einer supratentoriellen Ausdehnung des Tumors.

V. Das kleine Akustikusneurinom

Die computertomographische Erfassung des kleinen Akustikusneurinomes, also desjenigen, welches auf dem transtemporalen oder translabyrinthären Zugangsweg exstirpiert werden kann, ist in einem hohen Prozentsatz der Fälle möglich. Dies wurde erreicht durch die Entwicklung und Anwendung einer speziellen Untersuchungstechnik, mit deren Hilfe die limitierenden Faktoren grösstenteils beseitigt werden können. Sie umfasst dünne, sich überlappende Schichten, langsame Scangeschwindigkeit, starke Kippung der "Gantry", unmittelbaren Untersuchungsbeginn nach der Kontrastmittelapplikation und Auswertung am

elektronisch vergrösserten Bild der hinteren Schädelgrube. Die Grösse des kleinsten, so nachgewiesenen Tumors betrug 4 mm. Ausschliesslich intrameatale Tumoren können vorläufig computertomographisch nicht erfasst werden. Doch erscheinen diesbezüglich die neuerdings eingeführten Methoden der computertomographischen Zisternographie mit Amipaque und vor allem mit Luft vielversprechend zu sein. Für den Nachweis intrameataler Akustikusneurinome sowie kleiner Akustikusneurinome, welche aus dem Gehörgang herausragen, computertomographisch jedoch nicht erfasst werden können, ist nach wie vor die Pantopaque-Meatozisternographie die Methode der Wahl.

VI. Differentialdiagnose

Die Gegenüberstellung der computertomographisch zu erhebenden morphologischen Befunde beim Akustikusneurinom und der anderen im Kleinhirnbrückenwinkel vorkommenden Tumoren hat ergeben, dass eine Unterscheidung bzw. Ermittlung der Artdiagnose in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle auf zuverlässige Weise möglich ist.

S C H L U S S F O L G E R U N G

Aus der vorliegenden Studie geht hervor, dass die Computertomographie in kürzester Zeit die durch die weit fortgeschrittenen oto- und neurochirurgischen Behandlungstechniken des Akustikusneurinomes an sie gestellten hohen Anforderungen grösstenteils erfüllt hat. Sie gilt heute als die Methode der Wahl zur Diagnose des Akustikusneurinomes. Ihr Beitrag zur Diagnostik dieses Tumors besteht im zuverlässigen Nachweis, in der Möglichkeit einer detaillierten morphologischen Analyse, in der exakten Bestimmung der Grösse und im Nachweis der Komplikationen dieser Tumoren. Die Grenze der Nachweisbarkeit liegt heute bei Tumoren, welche lediglich um 4 bis 5 mm aus dem inneren Gehörgang herausragen. Sie hat wesentlich den Abklärungsvorgang von Patienten mit Verdacht auf Akustikusneurinom beeinflusst, indem sie durch ihre diagnostische Zuverlässigkeit und Nichtinvasivität die zentrale Stellung in der radiologischen Abklärung eingenommen hat und von ihr nicht mehr wegzudenken ist.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S :

1. Ambrose, J.: Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 2. Clinical application. Brit. J. Radiol. 1023-1047, 1973.
2. Atkinson, W.J.: The anterior inferior cerebellar artery. Its variations, pontine distribution, and significance in the surgery of cerebellopontine angle tumors. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. 17: 137 - 151, 1949.
3. Baker, H.L. Jr.: Cerebellopontine angle myelography. J. Neurosurg. 36: 614 - 624, 1972.
4. Baker, H.L. Jr.: Computed Tomography and Neuroradiology: A Fortunate Primary Union. AJR. 127: 101 - 110, 1976.
5. Bernasconi, V.: Tomografia cranica nei neurinomi del neuro acustico. Atti. Soc. ital. Neurochir. 108, 1952.
6. Brooks, R.A., Di Chiro, G.: Theory of image reconstruction in computed tomography. Radiology 117: 561 - 572, 1975.
7. Brooks, R.A., Di Chiro, G.: Beam hardening in X-ray reconstructive tomography. Phys. Med. Biol. 21: 390 - 398, 1976.
8. Brunner, H.: Zur Diagnose der Akustikustumoren. Zschr. Ohrenheilk. 69: 549 - 561, 1935.
9. Brunner, H.: Zur Differentialdiagnose der Kleinhirnbrückenwinkeltumoren. Zschr. Ohrenheilk. 69: 708 - 721, 1935b.
10. Camp, J.D., and Cilley, E.I.L.: Significance of asymmetry of pori acustici as an aid in diagnosis of eighth nerve tumors. A.J.R. 34: 274 - 287, 1939.
11. Conigiani, G.: Nativdiagnostik mit Tomographie der Kleinhirnbrückenwinkeltumoren. In: Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. Diagnostik und Therapie. Herausgegeben von D. Plester, S. Wende, N. Nakayama. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1978, pp. 92 - 120.

12. Castellano, F., and Ruggiero, G.: Meningiomas of the posterior fossa. *Acta radiol. Suppl. CIV*: 1 - 177, 1953.
13. Cecchini, A.: Il quadro radiologico del neurinoma del nervo acustico: Considerazioni su 68 casi. *Radiol. med.* 44: 183 - 199, 1960
14. Cervos-Navarro, J., Matakas, F., Lazaro, M.C.: Das Bauprinzip der Neurinome. Ein Beitrag zur Histogenese der Nerventumoren. *Virchow's Arch. path. Anato.* 345: 276 - 291, 1968.
15. Claveria, L.E., Sutton, D., Tress, B.U.: The radiological diagnosis of meningiomas, the impact of EMI scanning. *Br. J. Radiol.* 50: 15 - 22, 1977.
16. Crabtree, J.A., House, W.F.: X-ray diagnosis of acoustic neuromas. *Arch. Otolaryng.* 80: 695 - 697, 1964.
17. Cushing, H.: Meningiomas, their classification, regional behaviour, life history and surgical and results. Springfield, Baltimore, Ch. C. Thomas, 1938.
18. Dalle, O.G., Fodina, A.: Tumori dell'acustico. Considerazioni radiologiche. *Minerva neurochir.* 1: 92, 1957.
19. Davis, K.R., Roberson, G.H., Taveras, J.M., New, P.F.J., Trevor, R.: Diagnosis of Epidermoid Tumor by Computed Tomography. *Radiology* 119: 347 - 353, 1976.
20. Davis, K.R., Parker, S.W., New, P.F.J., Roberson, G.H., Taveras, J.M., Ojemann, R.J., Weiss, A.D.: Computed Tomography of Acoustic Neuroma. *Radiology* 124: 81 - 86, 1977.
21. Davis, J.M., Davis, K.R., Newhouse, J., Pfister, R.: Expanded high iodine dose in computed tomography: A preliminary report. *Radiology* 131: 373 - 380, 1979.
22. Davis, K.R., Parker, S.W., New, P.F.J.: Cerebellopontine Angle Masses. In: *Multiple Imaging Procedures 2: Central Nervous System. Approaches to radiologic diagnosis.* Edited by W.M. Wolpert. Grune and Stratton, New York, San Francisco, London, 1979, pp. 83 - 93.
23. Deck, M.D.F., Messina, A.V., Sackett, J.R.: Computed Tomography in metastatic disease of the brain. *Radiology* 119: 115, 1976.

24. Dubois, P.J., Drayer, B.P., Boehmke, M. et al.: Computed cranial tomography in the investigation of acoustic neurilemmomas. *Australas. Radiol.* 20: 108 - 117, 1976.
25. Dubois, P.J., Drayer, B.P., Bank, W.O., Deels Z.L., Rosenbaum, A.E.: An Evaluation of Current Diagnostic Radiologic Modalities in the Investigation of Acoustic Neurilemmomas. *Radiology* 126: 173 - 179, 1978.
26. Dykstra, P.C.: The pathology of Acoustic Neuromas. *Arch. Otolaryngol.* 80: 605 - 616, 1964.
27. Ebenius, B.: Results of examination of petrous bone in auditory nerve tumors. *Acta radiol. (Stockh.)* 15: 284 - 290, 1934.
28. Elliot, F.A., Mc Kissock, U.: Acoustic Neuroma. *Lancet* 2: 1189, 1954.
29. Epstein, B.S.: The roentgenologic manifestations of acoustic neuromas. *Amer. J. Roentgenol.* 64: 265, 1950.
30. Fisch, U.: Zur Indikation der Pantopaque-Cisternographie. *Radiologe* 9: 473 - 476, 1969.
31. Fisch, U.: Transtemporal surgery of the internal auditory canal. *Adv. ORL* 17: 203 - 240, 1970.
32. Fisch, U. und Weber, J.: Der diagnostische Wert der Pantopaque-Cisternographie. *Médecin et Hygiène* 30: 1567 - 1569, 1972.
33. Fisch, U., and Wegmüller, A.: Early Diagnosis of Acoustic Neuromas. *ORL* 36: 129 - 140, 1974.
34. Fisch, U., Nedzelski, J., Wellauer, J.: Diagnostic Value of Meatocisternography. *Arch. Otolaryngol.* 101: 339 - 343, 1975.
35. Fisch, U.: Die Mikrochirurgie des Felsenbeines. *HNO* 25: 193 - 197, 1977.
36. Fisch, U.: Otochirurgische Behandlung des Acusticusneurinoms. In: *Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. Diagnostik und Therapie.* Herausgegeben von D. Plester, S. Wende, N. Hahayama. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1978, pp. 196 - 214

37. Gado, M.H., Phelps, M.E., and Coleman, R.E.: An extra-vascular component of contrast enhancement in cranial computed tomography. Part I: The Tissue-Blood Ratio of Contrast Enhancement. *Radiology* 117: 589 - 593, 1975.
38. Gado, M.H., Phelps, M.E., and Coleman, R.E.: An extra-vascular component of contrast enhancement in cranial computed tomography. Part II: Contrast Enhancement and the Blood-Tissue Barrier. *Radiology* 117: 595 - 597, 1975.
39. Gado, M.H., Phelps, M.E., and Coleman, R.E.: Contrast Enhancement in Computerized Cranial Tomography: Its Mechanisms and Implications. In: *Reconstruction Tomography in Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine*. Edited by M.M. Ter-Pogossian, M.E., Phelps, G.L. Brownell, J.R. Cox Jr., D.O. Davis and R.G. Evens. University Park Press, Baltimore - London - Tokyo, 1977, pp. 517 - 534.
40. Gardeur D., et Metzger, J.: Tomodensitometrie en pathologie tumorale intra-cranienne. Doin Editeurs, Paris, 1978. pp. 182 - 189.
41. Graf, K.: Geschwülste des Ohres und des Kleinhirnbrückenwinkels. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1952, pp. 238.
42. Grehn, S. und Helms, J.: Der erweiterte "leere" innere Gehörgang. Eine neue Differentialdiagnose des kleinen Akustikusneurinoms. *Fortschr. Röntgenstr.* 124: 150 - 154, 1976.
43. Greitz, T., Möller, A., Olivecrona, H., and Berström, M.: Diagnostic Efficacy and Limitations of Computer Tomography in Posterior Fossa Lesions. In: *The diagnostic Limitations of Computerised Axial Tomography*. Edited by J. Bories. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1978, pp. 17 - 28.
44. Grepe, A., Greitz, T., Noren, G.: Computer Cisternography of extracerebral tumours using lumbar injection of water-soluble contrast medium. *Acta Radiol. (Suppl)*, (Stockh.). 346: 51 - 62, 1975.
45. Gruber.: *Lehrbuch der Ohrenheilkunde* 1888, pp. 569 - 622.

46. Gyldensted, C., Lester, J., Thomsen, J.: Computer Tomography in the Diagnosis of Cerebellopontine Angle Tumours. *Neuroradiology* 11: 191 - 197, 1976.
47. Hambly, W.H.: The differential diagnosis of acoustic neuroma. *Arch. Otolaryngol.* 80: 708, 1964.
48. Handa, G., Matsuda, I., Handa, H., Nakano, Y., Komuro, H., and Nakajima, K.: Intravascular Iodine in contrast enhancement with computed tomography. *Neuroradiology* 15: 159 - 163, 1978.
49. Hatam, A., Bergvall, U., Lewander R., Larsson, S., Lind, M.: Contrast medium enhancement with time in computer tomography. *Acta Radiol. (suppl.)*, (Stockh.) 346: 63 - 81, 1975.
50. Hatam, A., Möller, A., Olivecrona H.: Changes of Internal Auditory Meatus. *Neuroradiology* 16: 454 - 455, 1978.
51. Hatam, A., Berström, M., Möller A., Olivecrona H.: Early Contrast Enhancement of Acoustic Neuroma 17: 31 - 34, 1978.
52. Hatam, A., Möller, A., Olivecrona H.: Evaluation of the Internal Auditory Meatus with Acoustic Neuromas Using Computed Tomography. *Neuroradiology* 17: 197 - 200, 1979.
53. Henschen, F.: Die Akustikustumoren, eine neue Gruppe radiographisch darstellbarer Hirntumoren. *Fortschr. Röntgenstr.* 18: 207 - 216, 1912.
54. Hitselberger, W.E., and House, W.F.: Classification of Acoustic Neuromas. *Arch. Otolaryngol.* 84: 245 - 246, 1966.
55. Hitselberger, W.E., and House, W.F.: Polytome-Pantopaque: A technique for the diagnosis of small acoustic tumors. *Acta otolaryng.* 65: 555 - 564, 1968.
56. Hodes, Ph.J., Pendergrass, E.P., Young, B.R.: Eight nerve Tumors: Their roentgen manifestations. *Radiology* 53: 633 - 665, 1949.
57. Hounsfield, G.N.: Computerized transverse axial scanning (tomography) Part 1. Description of system. *Brit. J. Radiol.* 46: 1016 - 1022, 1973.

58. Hounsfield, G.N.: Picture quality of Computed Tomography. A.J.R. 127: 3 - 9, 1976.
59. House, W.F.: Transtemporal bone microsurgical removal of acoustic neuromas. Monograph. Arch. Otolaryng. 80: 597 - 756, 1964.
60. House, W.F.: Acoustic neuroma: Monograph II. Arch. Otolaryng. 88: (6), 1968.
61. Houghton, V.: Persönliche Mitteilung, 1979.
62. Kazner, E., Aulich, A. and Grumme, Th.: Results of Computerized Axial Tomography with Infratentorial Tumors. In: Cranial Computerized Tomography. Edited by Lanksch, W., and Kazner, E., Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York. 1976, pp. 90 - 103.
63. Kazner, E., Grumme, Th., Lanksch, W., and Wilske, J.: Limitations of Computerized Tomography in the Detection of Posterior Fossa Lesions. Adv. Neurosurg 5: 166 - 170, 1978.
64. Kendall, B., and Symon, L.: Investigation of Patients with Cerebellopontine Angle Syndromes. Neuroradiology 13: 65 - 84, 1977.
65. King, T.T., Ambrose, J.A.E.: CAT-Scanning in tumors of the cerebellopontine angle. In : The first european seminar on computerized axial tomographie in clinical practice. Edited by G.H. du Boulay, I.F. Moseley. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1977, pp. 134 - 138.
66. Kingsley, D.P.E.: Computer Tomographic Artefacts Using the CT 1000. In: The first European Seminar on Computerised Axial Tomography in Clinical Practice. Edited by Du Boulay F.H., and Moseley, I., Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1977, pp. 36 - 42.
67. Kormano, U., and Dean, P.B.: Extravascular Contrast Material: The major component of contrast enhancement. Radiology 121: 379 - 382, 1976.
68. Kricheff, I., and Lin. J.: Contrast Enhancement in Computed Tomography. In: La tomographie par reconstruction dans l'exploration du système nerveux. Colloque d'Enseignement organisé par Caillé, J.M., et Salamon, G., Bordeaux, 20. - 22. septembre, 1979, p. 26.

69. Kricheff, I.I., Pinto, R., Bergeron, R.T., Cohen, N.: CT-Air Cisternography and Canalography in the diagnosis of small acoustic neuromas. In: La tomographie par reconstruction dans l'exploration du système nerveux. Colloque d'enseignement organisé par J.M. Caillé et G. Salamon. Bordeaux, 20. - 22. septembre 1979, p. 18.
70. Lange, S., Aulich, A., and Lanksch, W.: Image Artefacts in Computerized Tomography. In: Cranial Computerized Tomography. Edited by Lanksch, W., and Kazner E. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1976, pp 69 -72.
71. Lange S., Steinhoff, H., Aviles, Ch., Kazner, E. und Grumme, Th.: Kontrastmittelkinetik in zerebralen Tumoren. Fortschr. Röntgenstr. 130: 666 - 669, 1979.
72. Lapayowker, U.S., Cliff, M.M.,: Bone changes in acoustic neurinomas. Amer. J. Roentgenol. 107: 652 - 658, 1969.
73. Lassila, Y.: Resultate der Röntgenuntersuchung bei Acusticustumoren. Nervenarzt 10: 448 - 453, 1937.
74. Leo, J.S., Pinto, R.S., Hulvat, G.F., Epstein, F., and Kricheff, I.I.: Computed tomography of Arachnoid Cysts. Radiology 130: 675 - 680, 1979.
75. Levine, H.L., Ferris, E.J., Spatz, E.L.: External carotid blood supply to acoustic neurinomas. J. Neurosurg. 38: 516 - 520, 1973.
76. Lévy, A., Botelli, J.: Signes radiologiques des neurinomes de l'acoustique. Arguments statistiques. J. Radiol. Electrol. 34: 842, 1953.
77. Lewander, R., Bergström, M., and Bergvall, U.: Contrast Enhancement of cranial lesions in computed tomography. Acta Radiol. 19: 529 - 552, 1978.
78. Lilienquist, B.: Pontine Angle Tumor. Encephalographic Appearances. Acta Radiol. Suppl. 1 - 96, 1959.
79. Lim, S.T., Sage, D.J.: Detection of subarachnoid blood clot and other thin, flat structures by computed tomography. Radiology 123: 79 - 84, 1977.

80. Lin, S.R., Silverstein, H.: False positive roentgenologic diagnosis of small intracanalicular acoustic neuromas. A.J.R. 118: 511 - 516, 1973.
81. Lindgren, E.: Röntgenologie. In: Handbuch der Neurochirurgie. Bd. 2. Springer-Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg, 1954.
82. List, C.F.: Die Differentialdiagnose der Kleinhirnbrückenwinkelerkrankungen mit besonderer Berücksichtigung der Tumoren. Z. Neurol. Psych. 144: 54 - 95, 1933.
83. Loepp, W.: Die Pathologie der Pyramidenspitze im Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. 61: 205, 1940.
84. Loepp, W., Lorenz, R.: Röntgendiagnostik des Schädels. Thieme-Verlag, Stuttgart, 1954.
85. Maravilla, K.R., Pastel, U.S., and Kirckpatrick, J.B.: White Matter of the Cerebellum Demonstrated by Computed Tomography: Normal Anatomy and Physical Principles. J. Comput. Assist. Tomogr. 2: 156 - 161, 1978.
86. Möller, A., Hatam, A., Olivecrona, H.: The differential-diagnosis of pontine angle meningioma and acoustic neuroma with computed tomography. Neuroradiology 17: 21 - 24, 1978.
87. Möller, A., Hatam, A., Olivecrona, H.: Diagnosis of Acoustic Neuroma with Computed Tomography 17: 25 - 30, 1978.
88. Murray, M.R., and Stout, A.P.: Demonstration of formation of reticulin by Schwannian tumor cells in vitro. Amer. J. Pathol. 18: 585 - 589, 1942.
89. Naidich, T.P., Lin, J.P., Leeds, N.E., Kricheff, I.I., George, A.E., Chase, N.E., Pudlowski, R.M., and Passalacqua, A.: Computed Tomography in the Diagnosis of Extra-axial Posterior Fossa Masses. Radiology 120: 333 - 339, 1976.
90. Naidich, T.P.: Infratentorial Masses. In: Computed Tomography 1977. Edited by Norman, D., Korobkin, M., Newton, T.H., C.V. Mosby Company, St. Louis, Missouri 63141, 1977, pp. 231 - 242

91. Naidich, R.P., Leeds, N.E., Krickeff, I.I., Pudlowski, R.M., Naidich, J.B., and Zimmerman, R.D.: The tentorium in Axial Section. II. Lesion Localization. Radiology 123: 639 - 648, 1977.
92. Naunton, R.F., and Petasnick, J.P.: Acoustic Neuromas with Normal Internal Auditory Meatus. Arch. Otolaryng. 91: 437 - 443, 1970.
93. New, P.F.J.: Contrast Enhancement. Presented at the International Symposium and Course on Computed Cranial Tomography, Bermuda, March 9 - 14, 1975.
94. New, P-F.J., and Scott, W.R.: Computed Tomography of the Brain and Orbit (EMI Scanning). The Williams and Wilkins Company, Baltimore, Maryland 1975, p. 266.
95. New, P.F.J., Scott, W.R., Schuur, J.A., Davis, K.R., Taveras, J.M., Hochberg, F.H.: Computed Tomography with the EMI scanner in the diagnosis of primary and metastatic intracranial neoplasms. Radiology 114: 75 - 87, 1975.
96. Nielsen, A.: Acoustic tumors with special reference to end results and sparing of the facial nerve. Ann. Surg. 115: 849, 1942.
97. Norman, D., Stevens, E.A., Wing, D.S., Levin, V., and Newton, Th. H.: Quantitative Aspects of Contrast Enhancement in Cranial Computed Tomography. Radiology 129: 683 - 688, 1978.
98. Ojemann, R.G., Montgomery, W.W., Weis, A.D.: Evaluation and Surgical Treatment of Acoustic Neuroma. N. Engl. Med. J. 287: 895 - 899, 1972.
99. Olivecrona, H.: Acoustic Tumors. J. Neurosurg. 26: 6 - 13, 1967.
100. Olivecrona, H.: The surgical treatment of intracranial tumors. Handbuch der Neurochirurgie, Bd. IV/4, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1967.
101. Olsen, A., Horrax, G.: Symptomatology of acoustic tumors with special reference to atypical features. J. Neurosurg. 1: 371, 1944.

102. Osborn, J.D.: A comparative study of special petrous views and tomography in the diagnosis of acoustic neuromas. Brit. J. of Radiol. 48: 996 - 999, 1975.
103. Palacios, E., Valvassori, G.: Computed axial tomography in otolaryngology. Adv. Oto-Rhino-Laryng. 24: 1 - 8, 1978.
104. Parker, S.W., Davis, K.R.: Limitations of Computed Tomography in the Investigation of Acoustic Neuromas. Ann. Otol. 86: 436 - 440, 1977.
105. Paxton, R., Ambrose, J.: The EMI scanner. A brief review of the first 650 patients. Brit. J. Radiol. 47: 530 - 565, 1974.
106. Peterson, N.T., Duchesneau, P.M., Westbrook, E.L., Weinstein, M.A.: Basilar Artery Ectasia Demonstrated by Computed Tomography Radiology 122: 713 - 715, 1977.
107. Pool, J.L., and Pava, A.A.: Early Diagnosis and Treatment of Acoustic Nerve Tumors. Springfield, Thomas, 1957.
108. Pool, J.L., Pava, A.A., Greenfield, E.C.: Acoustic Nerve Tumors. Early Diagnosis and Treatment. Charles C. Thomas, Publisher 1970.
109. Psenner, L.: Ueber tumorbedingte Destruktionsprozesse der Pyramiden. Radiologie 3: 87 - 99, 1963.
110. Rand, C.W., Reeves, D.L.: Dermoid and epidermoid tumors of the central nervous system. Arch. Surg. 46: 350 - 376, 1943.
111. Rausch, F., Rembold, F.: Zur Röntgendiagnostik des Acusticusneurinomes. Fortschr. Röntgenstr. 84: 702, 1956.
112. Raybaud, Ch.: Les facteurs d'hypodensité. In: La tomographie par reconstruction dans l'exploration du système nerveux. Colloque d'Enseignement organisé par Caillé, J. M., et Salamon, G., Bordeaux 20. - 22. septembre 1979, p. 22.
113. Revilla, A.G.: Differential diagnosis of tumors at the cerebellopontile recess. Bull. Johns Hopkins Hosp. 83: 187 - 212, 1948.

114. Robbins, B., and Marshall, W.H.: Computed Tomography of Acoustic Neurinoma. *Radiology* 128: 367 - 370, 1978.
115. Roberson, G.H., Kleefield, J., Ellis, G., Taveras, J.M., and Davis, K.R.: Metizamide enhancement of cerebrospinal fluid for computer tomography. *Acta radiol. Suppl.* 355: 306 - 313, 1977.
116. Rosenbaum, A.E., and Drayer, B.P.: CT cisternography with methrizamide. *acta radiol. Suppl.* 355: 314 - 322, 1977.
117. Rubinstein, L.J.: Tumors of the Central Nervous System. Atlas of Tumor Pathology. Second Series, Fascicle 6. Published by the Armed Forces Institute of Pathology, Washington D.C., 1972, pp. 206 - 212.
118. Scanlan, R.L.: Positive Contrast Medium (Iophendylate) in Diagnosis of Acoustic Neuroma. *Arch. Otolaryng.* 80: 698 - 706, 1964.
119. Scott, W.R., Davis, K.R., Trevor, R.P., Schnur, J.A.: Computed Tomography of the Cerebellopontine Angle. In: *Neurological Surgery of the Ear*. Edited by Silverstein H., Norrell, H. Aesculapius Publishing Company, Birmingham, Alabama. 1977, pp. 206 - 215.
120. Schlungbaum, W.: Zur Röntgendiagnostik des Acusticusneurinomes. *Radiol. Clin. (Basel)* 28: 139 - 149, 1959.
121. Schmitz, A.L., and Haveson, S.B.: The Roentgen Diagnosis of Eight Nerve Tumors. *A.J.R.* 75: 531 - 543, 1960.
122. Schubiger, O., Valavanis A., and Menges H.: Computed Tomography for Small Acoustic Neuromas. *Neuroradiology* 15: 287 - 290, 1978.
123. Schubiger, O., Valavanis, A., and Hayek, J.: Computed Tomography in Cerebral Aneurysms with Special Emphasis on Giant Intracranial Aneurysms. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1980, Im Druck.
124. Schüller, A.: Röntgendiagnose der Akustikustumoren. In: *Ergebnisse der Medizinischen Strahlenforschung*, Bd. IV. Springer-Verlag, Berlin, 1928.
125. Skinner A.H.: The origin of acoustic nerve tumors. *Brit. J. Surg.* 16: 440 - 463, 1928.

126. Sortland, O.: Computed Tomography Combined with Gas Cisternography for the Diagnosis of Expanding Lesions in the Cerebellopontine Angle. *Neuroradiology* 18: 19 - 22, 1979.
127. Stenvers, H.W.: Röntgenologie des Felsenbeines und des bitemporalen Schädelbildes. Springer-Verlag, Berlin, 1928.
128. Terbrugge, K., Scotti, G., Ethier, R.: CT in intracranial AVM. *Radiology* 122: 703, 1977.
129. Ter-Pogossian, M.M.: Computerized Cranial Tomography: Equipment and Physics. *Sem. in Roentgenol.* XII (1): 13 - 26, 1977.
130. Théron, J., and Lasjaunias, P.: Participation of the External and Internal Carotid Arteries in the Blood Supply of Acoustic Neurinomas. *Radiology* 118: 83 - 88, 1976.
131. Thomson, J.L.G.: Computerized Axial Tomography in Posterior Fossa Lesions. *Clin. Radiol.* 29: 233 - 250, 1978.
132. Valavanis, A., Schubiger, O., and Wellauer J.: Computed Tomography of Acoustic Neuromas with Emphasis on Small Tumor Detectability. *Neuroradiology* 16: 598 - 600, 1978.
133. Valavanis, A., Schubiger O., and Hayek, J.: Computed Tomography in Meningiomas of the Cerebellopontine Angle. In Vorbereitung.
134. Valvassori, G.E., and Pierce, R.H.: The Normal Internal Auditory Canal. *A.J.R.* 92: 1232 - 1241, 1964.
135. Valvassori, G.E.: The Radiological Diagnosis of Acoustic Neuromas. *Arch. Otolaryng.* 83: 582 - 587, 1966.
136. Valvassori, G.E.: The contribution of radiology to the diagnosis of acoustic neuroma. *Laryngoscope* 76: 1104 - 1112, 1966.
137. Valvassori, G.E.: The abnormal internal auditory canal in the diagnosis of acoustic neuroma. *Radiology* 92: 449 - 459, 1969.

138. Valvassori, G.E.: The diagnosis of acoustic neuromas. Otolaryngolog. Clin. North. America 6: 391 - 400, 1973.
139. Vassilouthis, J., and Ambrose, J.: Computerized tomography scanning appearances of intracranial meningiomas. J. Neurosurg. 50: 320 - 327, 1979.
140. Wackenheim, A., und Braun, J.P.: Angiographie der Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. In: Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. Diagnostik und Therapie. Herausgegeben von D. Plester, S. Wende, N. Kakayama. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1978, pp. 165 - 188.
141. Wackenheim, A., Metzger, J.: Etude radiologique des alterations osseuses dans 65 cas de néoformations de l'angle ponto-cerebellaux. J. Radiol. Electrol. 43: 860 - 871. 1962.
142. Wechsler, W.: Pathologie der Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. In: Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. Diagnostik und Therapie. Herausgegeben von D. Plester, S. Wende, N. Nakayama. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1978, pp. 24 - 50.
143. Wellauer, J.: Jod-Oel-Diagnostik der hinteren Schädelgrube. Radiologe 9: 477 - 481, 1969.
144. Wende, S., Anlich, A., Kretschmar, K., Grumme, Th., Mee-se, W., Lange, S., Steinkoff, H., Lanksch, W., Lazner, E.: Die Computer-Tomographie der Hirngeschwülste. Eine Sammelstudie über 1658 Tumoren. Radiologe 17: 149 - 156, 1977.
145. Wende, S. und Nakayama, N.: Zisternographie mit negativen und positiven Kontrastmitteln. In: Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. Diagnostik und Therapie. Herausgegeben von D. Nester, S. Wende, N. Nakayama. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1978, pp. 121 - 143.
146. Wiggli, U., Elke, U., Müller, H.R., Hünig, R. and Wüthrich, R.: The CT-pattern of meningioma - Is it specific? In: Cranial Computerized Tomography. Edited by Lanksch, W., and Kazner, E. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1976, pp. 162 - 166.
147. Wolpert, S.M.: Angiography of posterior fossa tumors. Grune and Stratton, New York, San Francisco, London, 1976.

148. Yasargil, M.G.: Persönliche Mitteilung 1979
149. Yasargil, M.G.: Mikrochirurgie der Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. In: Kleinhirnbrückenwinkel-Tumoren. Diagnostik und Therapie. Herausgegeben von Plester, D., Wende, S., Nakayama, N. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1978, pp. 215 - 257.
150. Yasargil, M.G., and Fox, J.L.: The microsurgical approach to acoustic neurinomas. Surg. Neurol. 2: 393 - 398, 1974.
151. Yasargil, M.G., Fisch, U.: Unsere Erfahrungen in der mikrochirurgischen Exstirpation der Akustikusneurinome. Arch. Ohr-, Nas.- u. Kehlk.-Heilk. 194: 243 - 247, 1969.
152. Zannbauer, W.: Zur Röntgendiagnostik der Acousticustumoren. Wien. Arch. Psychol. 2: 166, 1952.
153. Zülch, K.J.: Atlas of gross neurosurgical pathology. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1975.

C U R R I C U L U M V I T A E

Am 20.1.1952 wurde ich als Sohn des Arztes Georgios Valavanis und seiner Ehefrau Helene, geb. Manoussos in Athen, Griechenland, geboren.

Nach dem Besuch der griechischen Grundschule in Athen und der Deutschen Schule Athen - Dörpfeld Gymnasium, erhielt ich 1970 das Abitur.

Das Studium der Medizin absolvierte ich vom Oktober 1970 bis Juni 1977 an der medizinischen Fakultät der Universität Zürich und schloss es im Juni 1977 mit dem Staatsexamen ab.

Seit August 1977 bin ich am Röntgendiagnostischen Zentralinstitut des Universitätsspitals Zürich (Direktor: Prof. Dr. J. Wellauer) als Assistenzarzt tätig.

